



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES.



TÍTULO:

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRONICO Y TELECOMUNICACIONES

“ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL
DE CLORACIÓN PARA EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE
AGUA DE LA PLANTA JUNDUL HUANCABAMBA-PIURA”

ADRIANO GUEVARA, LEONEL

PIURA-PERÚ

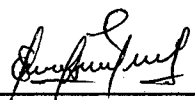
2015

7710
ADR



**“ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CLORACIÓN
PARA EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA PLANTA JUNDUL
HUANCABAMBA-PIURA”**

TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y
TELECOMUNICACIONES.


Bach. Adriano Guevara Leonel

Ejecutor


Ing. Avila Regalado Eduardo Omar

Asesor

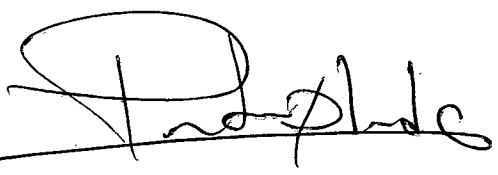
Aprobado Por:

Jurado


Ing. Estrada Crisanto Cesar Humberto

Presidente


MSc. Jacinto Sandoval Juan Manuel
Secretario


Ing. Panduro Alavarado Miguel Angel
Vocal

PIURA-PERÚ

2015



AGRADECIMIENTO :

Agredesco infinitamente a Dios que me dio la vida llena de felicidad y bendiciones y supo darme sabiduría y fortaleza para culminar cada una de mis metas .

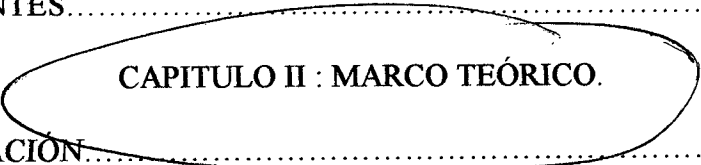
A mis padres por su ayuda incondicional y enseñarme que lo mas importante en la vida es ayudar a los demas sin esperar nada a cambio por enseñarme a luchar por mis objetivos y aprender a sonreir cuando las cosas se toman dificiles , a mi hermano que ha sido un ejemplo a seguir por su humanidad y comprension hizo posible la culminación de este proyecto, a todas las personas que me enseñaron los valores profesionales que una persona debe tener y a todos los que siempre estuvieron a mi lado apoyandome ,amigos y amigas ,primas, tíos y tías a mis abuelos y personas cercanas, a la Universidad Nacional de Piura especialmente a la escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones que con sus enseñanzas guiaron mi camino profesional .

Leonel

DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación dedicado a DIOS , por brindarme la sabiduria,paciencia y fortaleza necesaria para alcanzar un meta mas en mi vida y sobre todo por regalarme la familia que tengo.A mi mamá Eudocia Guevara Manchay ,a mi padre Grimaldo Adriano Aguirre, por creer siempre en mis capacidades por su entrega incondicional y por los valores inculcados ;a mis tíos a mis abuelos por brindarme su confianza, respaldo y los mejores consejo en cada momento de mi vida,a edeli por ser maravillosa y especial .

INDICE DE CONTENIDO

1.1 CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METEDEOLOGICO	
1.2 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	21
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.5 OBJETIVOS.....	23
1.5.1 Objetivos Generales.....	23
1.5.2 Objetivos Especificos	23
1.6 IMPORTANCIA ,JUSTIFICACIÓN Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	24
1.6.1 Importancia.....	24
1.6.2 Justificación.....	24
1.6.3 Limitaciones y Facilidades	25
a) Teórica.....	25
b) Temporal.....	26
c) Espacial.....	26
1.6.4 Facilidades del Proyecto de Investigación	26
1.7 VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	26
1.8 ANTECEDENTES.....	26
<div style="text-align: center;"> CAPITULO II : MARCO TEÓRICO.</div>	
2.1 POTABILIZACIÓN.....	28
2.1.1 Captación.....	28
2.1.2 Transporte.....	28
2.1.3 Coagulación.....	29
2.1.3.1 Factores que influyen el proceso de Coagulación.....	29

2.1.3.2 Turbiedad.....	30
2.1.3.3 Calor.....	30
2.1.4 Floculación.....	31
2.1.4.1 Factores que afectan a la Floculación.....	31
2.1.4.2 Acidez.....	33
2.1.4.3 Floculador.....	33
2.1.4.4 Floculadores Mecánicos.....	34
2.1.4.5 Lodos Suspendidos.....	34
2.1.4.6 Floculadores Hidráulicos.....	34
2.1.5 Sedimentación.....	35
2.1.6 Filtración.....	36
los de acción lenta.....	36
los de acción rápida.....	36
Filtros de Superficie libre.....	36
Filtros de Presión	37
2.1.6.1 Filtro.....	37
2.2.6.1.1 Filtro lentos de Arena(Para tratamiento Familiar).....	37
2.2.6.1.2 Filtro lentos de Arena(Para Tratamiento Colectivo).....	38
2.1.7 Cloración.....	38
2.1.7.1 Pruebas de Jarras.....	39
2.1.7.1.1. Otros elementos necesarios.....	40
2.1.7.1.2 Cómo hacer la prueba de jarras.....	41
2.1.7.1.3 Reactivos.....	43
2.1.7.1.3.1 Solución de alumbre.....	43

2.1.7.1.3 Solución de cal.....	43
2.2 SENSORES.....	43
2.2.1 Sensor.....	42
2.2.2 Sensor de Turbidez-Principio de medición.....	44
2.2.3 sensor Ph.....	45
2.2.4 caudalimetroes ultrasonicos.....	47
tiempo de transito	47
efecto doppler.....	48
caudalimetro Optisonic 6300.....	48
Principio de Medida	49
Transmisor de presión de líquidos	49
Principio de Funcionamiento de Transmisor de Presión.....	49
2.2.5 TRANSMISOR DE PRESIÓN OPTIBAR P 3050 C.....	50
Presión Absoluta.....	51
Presión nanométrica.....	51
2.3 Actuador.....	51
2.3.1 bombas dosificadoras.....	52
2.3.2 Valvulas de diafragma.....	52
2.3.3 Valvula de Alivio.....	53
2.4 Teoría de control.....	54
2.4.1 set point.....	54
2.4.2 Controlador.....	54
2.4.3 Perturbación.....	54
2.4.4 Control de lazo.....	55

2.4.4.1 Control de lazo abierto.....	55
2.4.4.2 Sistemas de control de lazo cerrado.....	55
2.4.5 Proceso.....	56
2.4.6 Variable Controlada.....	56
2.4.7 Variable Manipulada.....	56
2.4.8 Planta.....	56
2.4.9 Automata Programable.....	56
2.4.9.1 Fuente de Alimentación.....	57
2.4.9.2 CPU.....	57
2.4.9.3 Módulo de Entradas.....	57
2.4.9.4 Módulo de Salidas.....	57
2.4.9.5 Terminal de programación o consola de programación.....	57
2.4.9.6 Periféricos.....	57
2.4.9.7 Interfaces.....	58
2.4.10 Hombre Maquina (HMI).....	58
2.4.11 Control Centralizado.....	58
2.4.12 Control Distribuido.....	58
2.4.13 ESTRATEGIAS DE CONTROL.....	59
2.4.13.1 Control en Cascada.....	59
2.4.13.2 Control Relación.....	60
2.4.13.3 Control Selectivo.....	60
2.4.13.4 Control Anticipativo.....	60
2.4.13.5 Control Adaptativo.....	60
2.4.13.6 Control de rango dividido(Split-Range Control).....	61

2.4.14	Gabinete de Control.....	61
2.4.15	Control Scada.....	61
2.4.16	Comunicaciones Industriales.....	61
2.4.16.1	La Necesidad.....	62
2.4.17	Redes de Comunicación Industrial.....	63
2.4.17.1	Redes de Empresa y Fabrica.....	63
2.4.17.2	Redes de Célula.....	63
2.4.17.3	Redes de Control.....	64

Capitulo III: Arquitectura y Sistema de Control

Uniformiza letra

3.	Arquitectura y Sistema de Control.....	65
3.1	Diagrama de Instrumentación(P&ID).....	67
3.2	Dimensionamientos de dispositivos.....	68
3.2.1	Area 200 Coagulación ,Floculación y Sedimentación.....	68
3.2.1.1	Area 220 Coagulación.....	69
3.2.1.2	Area 230 Floculación.....	69
3.2.1.3	Area 240 Sedimentación.....	70
3.2.2	Area 400 Filtración y Cloración.....	71
3.2.2.1	Area 420 Filtración.....	71
3.2.2.2	Area 430 Cloración.....	71
3.3	Dimensionamiento de Sensores y Transmisores.....	71
3.3.1	Sensor de Turbidez (OPTISYSTUR 1050).....	71
3.3.2	Sensor de Turbidez 1720E.....	73
3.3.3	Sensor PH(optisens PH 8100).....	74

3.3.4 Sensor de Cloro Residual ,PH y temperatura (CLF 10SC).....	77
3.3.5 Caudalimetro ultrasonico optisonic 6300.....	79
3.3.6 Sensor de Nivel	81
3.3.7 valvula de selenoide para agua potable.....	81
3.3.8 valvula proporcional VP10.....	82
3.3.9 Bomba Qdo30 profibus.....	83
3.3.10 Controlador logico programable (PLC).....	84
3.3.11PLC CP1-L14DR-A (Omron).....	84
3.3.12 PLC Siemens S7-400.....	84
3.3.12.1 S7-400 (Simatic).....	85
3.3.12.2 S7-400 modelos CPU 41X.....	86
3.3.13 Periferia distribuida ET200S.....	86
3.4 Red de control distribuido.....	87
3.4.1 protocolos de comunicación	87
3.4.1.1 Protocolo Industrial Ethernet.....	87
3.4.1.1.1 Componentes de red pasivos.....	88
3.4.1.1.2 Componentes de red activos.....	89
3.4.1.1.2.1 Switch industrial ethernet.....	89
3.4.1.1.2.2 Tarjetas de comunicación ethernet.....	89
3.4.1.2 Protocolo de red profibus DP.....	90
3.4.1.3 Segmentacion de red Profibus DP.....	92
3.4.1.4 Módulos de Comunicación Profibus DP CP412-2.....	93
3.4.1.5 Tabla Comparativa Industrial Ethernet y Profibus.....	94

CAPITULO IV: CONFIGURACION DE LA RED PROFIBUS

4.1 Configuración de la Red de Control.....	95
4.1.1 Controlador S7-400.....	95
4.1.2 Periferia Descentralizada ET 200S.....	95
4.2 Creación del Proyecto en el Step7.....	96
4.2.1 Configuración del Controlador Maestro DP.....	96
4.2.2 Configuración del Esclavo DP.....	100

CAPITULO V: SISTEMA SCADA DE LA PLANTA JUNDUL-HUANCABAMBA

5. Sistema Scada de la planta Jundul-Huancabamba.....	103
5.1 Controladores.....	105
5.2 Periferia Descentralizada.....	106
5.3 Profibus DP.....	106
5.4 Maestro DP y Esclavo DP.....	107
5.5 Estación de Ingeniería HMI – Scada.....	107
Monitorización.....	108
Supervisión.....	108
Mando.....	108
5.6 OPC.....	108
5.6.1 Cliente OPC(OPC Client).....	109
5.6.2 Servidor OPC (OPC Server).....	110
5.7 Configuración OPC Server	110
5.8 Enlace del OPC Server –OPC Client.....	120

CAPITULO VI: VIABILIDAD ECONOMICA

6.1 VIABILIDAD ECONÓMICA.....	123
6.1.1. Costos de realizar el Proyecto.....	123

6.1.1.1. Requerimientos de Hardware.....	123
6.1.1.2. Requerimientos de Software.....	124
6.1.1.3. Requerimientos de Personal.....	124
6.1.1.4. Resumen de los Costos.....	125
6.1.1.5. Costos Fijos.....	125
CONCLUSIONES.....	126
BIBLIOGRAFIA.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Proceso de Potabilización.....	28
Figura 2.2 . Proceso de coagulación –Floculación.....	31
Figura 2.3.Floculador Mecánico.....	34
Figura 2.4. Floculador lodo suspendido.....	34
Figura 2.5. Floculador Hidraulico.....	35
Figura 2.6.Filtro lento.....	37
Figura 2.7. Filtro lento de arena para Tratamiento de Agua.....	38
Figura 2.8. Equipo utilizado en el ensayo de jarras.....	40
Figura 2.9 Muestra de agua cruda.....	41
Figura 2.10 Mezclador de jarras.....	41
Figura 2.11 Pipeta Graduada para dosificación.....	42
Figura 2.12 Flóculos.....	42
Figura 2.13.Principio de medición para la medición de turbidez.....	44
Figura 2.14.Sensor de Turbidez Optisystur 1050	45
Figura 2.15.Principio de medida para la medida de PH.....	45

Figura 2.16. Pendiente Optica del sensor	46
Figura 2.17. Sensor Optisens PH 8100.....	46
Figura 2.18. Medición la cual se propagan las ondas varia según la velocidad del fluidos dirección de canal.....	47
Figura 2.19. Medición de caudal por efecto doppler.....	48
Figura 2.20. Principio de Medida.....	49
Figura 2.21. Principio de medida de la Presión.....	50
Figura 2.22 Configuración de medida disponible.....	50
Figura 2.23. Transmisor de Presión Optibar P 3050C.....	51
Figura 2.24. Bomba dosificadora de cloro.....	52
Figura 2.25. Válvula de Diafragma.....	53
Figura 2.26. Válvula de Alivio de agua tipo Herbet.....	54
Figura 2.27. Sistema de control de lazo abierto.....	55
Figura 2.28. Sistema de control de lazo cerrado	55
Figura 2.29. Diagrama de bloques del controlador lógico Programable.....	56
Figura 2.30. Estructura del PLC.....	58
Figura 2.31 Tiempos de Respuesta en los Niveles CIM.....	62
Figura 3.1. Diagrama General Propuesto Planta de Jundul - Huancabamba para el Proceso de Captación y Potabilización del Agua.....	66
Figura 3.2. Diagrama de Instrumentación P&ID.....	67
Figura 3.3. Canal de floculación 17.8 metros.....	69
Figura 3.4. Floculador Hidráulico.....	70
Figura 3.5. Sedimentadores con Capacidad de 600 m3.....	70
Figura 3.6 Sistema actual de cloración.....	71

Figura 3.7.Sensor de turbidez OPTISYSTUR 1050.....	72
Figura 3.8.Conexión de los cables en la caja de terminales de campo.....	73
Figura 3.9.Sensor de Turbiedad 1720E.....	73
Figura 3.10.Sensor Optisens pH 8100.....	74
Figura 3.11.Convertidor de señal Multiparámetro MAC 100.....	75
Figura 3.12.Terminales de conexión del sensor en el convertidor de señal, versión de dos canales con zócalos de terminales A+B.....	75
Figura 3.13. Conexión del cable del sensor.....	76
Figura 3.14.Sensor de Cloro Residual y pH Diferencial/Temperatura CLF10sc.....	77
Figura 3.15. Sensor de Cloro Residual.....	77
Figura 3.16.Sensor de pH Diferencial.....	78
Figura 3.17.Convertidor de señal UFC 300 F.....	79
Figura 3.18.Construcción del UFC 300 F (campo).....	79
Figura 3.19 Sensor de nivel Keller Serie 36XW.....	81
Figura 3.20.Válvula de Solenoide de ¼” para Agua potable.....	82
Figura 3.21. Válvula proporcional VP10 (G 1/4).....	82
Figura 3.22Bomba QDO 30 Profibus.....	83
Figura 3.23.CP1-L14DR-A de la marca OMRON.....	84
Figura 3.24.CPU S7-400.....	85
Figura 3.25.Módulo IO de periferia distribuida ET200S.....	86
Figura 3.26.Cable Profibus.....	88
Figura 3.27. Herramientas Profibus.....	88
Figura 3.28. Conectores RJ45.....	89
Figura 3.29.Switch Ethernet SIEMENS.....	89

Figura 3.30. Módulo Ethernet CP443-1.....	90
Figura 3.31. Interconexión de dos nodos de la red RS485.....	91
Figura 3.32. Señal diferencial de tensión en cable Profibus.....	91
Figura 3.33. Características de Transmisión RS-485.....	92
Figura 3.34. Segmentación de una instalación PROFIBUS usando repetidores.....	92
Figura 3.35. Conector y cable Profibus DP.....	93
Figura 3.36. Profibus DP CP412-2.....	93
Figura 4.1: Configuración de la Red de Control.....	96
Figura 4.2: Simatic Creando Nuevo Proyecto	97
Figura 4.3: Insertando Objeto S7-400.....	97
Figura 4.4: Ingresando Elementos al Bastidor.....	98
Figura 4.5: Profibus DP con velocidad de 1.5 Mbps.....	99
Figura 4.6: Configuración de la Red Profibus.....	99
Figura 4.7: Catálogo Profibus DP ET200S.....	100
Figura 4.8: Profibus Interface IM151-1.....	101
Figura 4.9: Equipo ET200S Conectado a la Red Profibus.....	101
Figura 4.10: Entradas y Salidas Analógicas y Digitales del IM151-1.....	102
Figura 5.1. Sistema Scada Planta Jundul-Huancabamba.....	103
Figura 5.2. Ventanas de un HMI que representa la instrumentación virtual de una planta industria.....	107
Figura 5.3. Reporte Histórico de Variables en el HMI.....	108
Figura 5.4. Opc Server.....	109
Figura 5.5. Programa Kepserver.....	110
Figura 5.6. Creación de nuevo proyecto.....	111

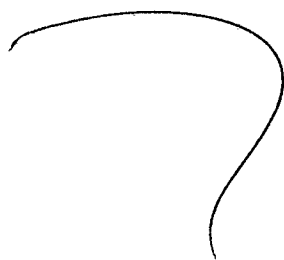


Figura 5.7. Selección de Siemens TCP/IP Ethernet.....	111
Figura 5.8. Selección de IP de la pc.....	112
Figura 5.9. Información del canal creado.....	112
Figura 5.10. Canal creado.....	112
Figura 5.11. Nombre del dispositivo.....	113
Figura 5.12. Elegimos modelo S7-400.....	113
Figura 5.13. Ingreso IP de la pc.....	114
Figura 5.14. Parámetros que nos indica el bus TCP/IP.....	114
Figura 5.15. Puerto TCP/IP 102.....	115
Figura 5.16. Visualización de conexión del S7-400 con la PC.....	115
Figura 5.17. Información del componente creado.....	116
Figura 5.18. Nuevo canal y dispositivo creado.....	116
Figura 5.19. Variable de entrada LSHH_CLOR.....	117
Figura 5.20. Variable de entrada LSLL_CLOR.....	117
Figura 5.21. Variable de entrada LSHH_SULF.....	118
Figura 5.22. Variable de entrada LSLL_CLOR.....	118
Figura 5.23. Tags Creados.....	119
Figura 5.24. OPC Server con Alias Map.....	119
Figura 5.25. Interface de comunicación de Intouch con Kepserver.....	120
Figura 5.26. Etapas del Proceso y Enlaces.....	120
Figura 5.27. Sistema de Coagulación.....	121
Figura 5.28. Sistema de Sedimentación.....	121
Figura 5.29. Filtración.....	122
Figura 5.30. Sistema de Cloración.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1: Características técnicas del sensor de Turbidez OPTISYSTUR1050.....	72
Tabla 3. 2: Conexión del sensor de turbidez.....	73
Tabla 3.3: Características Técnicas, Sensor de Turbiedad 1720E.....	74
Tabla 3.4: Características Técnicas, Sensor de PH (OPTISENS pH 8100).....	74
Tabla 3.5: Terminales de conexión del sensor en el convertidor de señal, versión de dos canales con zócalos de terminales A+B.....	76
Tabla 3.6: Características técnicas, Sensor de Cloro Residual (CLF10SC).....	78
Tabla 3.7: Características Técnicas, Sensor de pH Diferencial/Temperatura.....	78
Tabla 3.8: Características técnicas Caudalímetro Ultrasónico OPTISONIC 6300.....	79
Tabla 3.9: Características técnicas Sensor de Nivel Keller (Serie 36XW).....	81
Tabla 3.10: Características Técnicas de la Válvula de Solenoide.....	82
Tabla 3.11: Características Técnicas de la Válvula proporcional VP10 (G 1/4).....	82
Tabla 3. 12: Características técnicas del PLC CP1-L14DR-A.....	84
Tabla 3. 13: Modelos de CPU 41X.....	86
Tabla 3.14: Tabla Comparativa Industrial Ethernet y Profibus.....	94
Tabla 4.1: Entradas y salidas Analógicas y digitales del esclavo IM151-1 y bomba.....	102
Tabla 5.1 Entradas y salidas analógicas del ET200S.....	104
Tabla 5.2 Entradas Discretas del ET200S.....	104
Tabla 5.3 Salida Analógica bomba Profibus.....	104
Tabla 6.1: Costos de Hardware.....	123
Tabla 6.2: Costo de Software.....	124
Tabla 6.3: Costo de Personal.....	124

Tabla 6.4: Resumen de Costos.....	125
Tabla 6.5: Costos Fijos.....	125

INTRODUCCION

La presente tesis es el resultado de varios meses de investigación en el campo de ingeniería de control, orientado en el estudio de automatización para la implementación de sistema de control de cloración en la planta Jundul- Huancabamba. El proceso de potabilización de agua es de vital importancia un sistema de control de cloración para mejorar la calidad del agua además la tecnología en el área de control mejora el proceso. El sistema actual no cuenta con un sistema de control de cloración todo trabajo se realiza en forma manual es el proceso de cloración que se ve afectado debido a los microorganismos que origina enfermedades a los usuarios debido a que no hay un control de cloración adecuada para eliminar dichos contaminantes de agua. El estudio le permitirá a la planta de potabilización de agua Jundul establecer un sistema Scada para el control de parámetros por medio de controladores lógicos programable y software Scada. El objetivo básico del diseño de una planta de potabilizadora de agua es integrar, de manera más económica, los procesos y operaciones de tratamiento para que cuando sea operada adecuadamente, pueda proveer sin interrupción el caudal del diseño y satisfacer los requerimientos de calidad de agua potable. Por lo tanto, la planta potabilizadora debe tener la máxima confiabilidad y flexibilidad, mínima operación y mantenimiento, y solamente los controles e instrumentación indispensables. Desarrollar un estudio de automatización de la planta Jundul con la intención de controlar la etapa de cloración e implementarla con tecnología avanzando con equipos de alta confiabilidad, flexibilidad y adaptabilidad y mejorar la calidad del servicio de agua potable, la reducción de tiempos de los operarios al momento de realizar de sus actividades será más eficiente y mejorara la calidad de vida de los ciudadanos. Para la integración de la tecnología debemos dimensionar sensores, controladores, softwares Scada. El trabajo se divide 6 capítulos. El primer capítulo titulado Planteamiento del Metodológico presenta la

determinación del problema, los objetivos, justificación de la investigación, las limitaciones y facilidades presentadas durante el desarrollo del presente trabajo. El segundo capítulo presenta el marco teórico sobre sensores de turbiedad, PH, Caudal, Presión, válvulas y bombas dosificadoras, teoría que permitirá comprender mejor el proceso de potabilización de agua. Se presenta también teoría relacionada a la programación de controladores lógicos programables (PLC), los cuales serán utilizados para el control y monitoreo del sistema a través de la red industrial Profibus, sistemas y softwares Scada. El tercer capítulo presenta los dispositivos con los que cuenta el sistema actual y el dimensionamiento de dispositivos. El cuarto capítulo presenta la configuración de la red de control profibus. El quinto capítulo presenta el sistema Scada de la planta Jundul-Huancabamba, presenta también la simulación de los procesos a través de software de programación de PLC y SCADA. En el último capítulo se presentan las conclusiones, este trabajo podrá ser utilizado como base de futuras investigaciones relacionadas a los sistemas de potabilización de agua control de cloración.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Planta de Agua Potable Jundul Huancabamba–Piura, cuya captación de agua es proveniente de la catarata Chorro Blanco (15Km de distancia), cuenta con tres pozos de sedimentación con una capacidad individual de 200m³, y esta abastece a la provincia de Huancabamba conocida como “La ciudad que camina” a excepción el barrio de Ramón de Castilla el cual cuenta con su propios pozos de sedimentación.

Como ya se acotó, el agua de la planta Jundul proviene de Chorro Blanco y es agua cristalina. Debido a la geografía accidentada de la zona y de suelo rocoso donde se encuentra la catarata, se tiene un tendido de aproximadamente 15km de tuberías desde la catarata hacia la planta. Actualmente, luego de la captación del agua, la primera etapa en la planta consiste de un canal de floculación de 17.80m y luego el agua pasa a través de su segunda etapa o pozos de sedimentación; aquí el llenado es mediante rebose y su tratamiento de lavado se hace cada tres meses. Cada pozo tiene su llave de salida, el operario de la planta es el encargado de abrir las llaves para pasar a inyectarle cloro y luego va al pozo de distribución de 600m³. El operario verifica si el pozo está lleno para así proceder a abrir la llave para su distribución.

Las llaves de los pozos de sedimentación se abren a las 3 am para la inyección de cloro. El pozo de distribución da servicio a partir de las 6am. El operario del pozo de distribución avisa al operario de los pozos de sedimentación que cantidad falta para el llenado del pozo de distribución lo cual lo verifica mediante 9 niveles marcados en el pozo de distribución. Cada nivel tarda en promedio 20 minutos lo que hace que en 3 horas aproximadamente se llene para la distribución. El operario de los pozos de sedimentación cierra las llaves que conectan al pozo de distribución cuando su capacidad se rebalsa y tiene una salida que ingresa a una acequia que va al río Huancabamba. Hasta que el trabajador de distribución le avise para proceder abrir las llaves, inyectar cloro nuevamente.

El problema que se identificó fue porque las tuberías que trasladan el agua proveniente de Chorro Blanco, algunas veces se rompen ocasionados por los fenómenos meteorológicos de la zona con lo que la calidad del agua disminuye debido a la contaminación que se puede dar por microorganismos o por productos químicos o

naturales, además se identificó que la cloración que se realiza no es la adecuada al no tener un control de los parámetros de calidad del agua según se estable en las normas actuales como por ejemplo la norma IS 020.

Los estudios de calidad de la norma indican que la cantidad de cloro que se inyecta al agua es dañino para la salud de la población si no hay un control de la cantidad de cloro en ppm que se suministra según el caudal de paso en m/s en la tubería considerando el diámetro de esta.

Otro de los factores que se consideraron es que se añade cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor que según criterio en la planta, a 18° C de temperatura del agua, esta debería contener cloro al menos durante 30 minutos. Si la temperatura del agua es menor, el tiempo de contacto se debe incrementar. Por concepción, se conoce que la efectividad del cloro también se ve afectada por el pH (acidez) del agua, es por ello que la cloración no es efectiva si el pH es mayor de 7,2 o menor de 6,8. Por lo tanto uno de los puntos más críticos que se determinó es que si la cantidad de cloro inyectado en la tubería no es controlada ocasionaría enfermedades como diarrea, fiebre tifoidea, hepatitis, cólera por el consumo de agua contaminada a dichos usuarios.

Por último se preciso que la comunicación de los dos operarios encargados de abrir y cerrar las llaves, inyectar cloro respectivamente al momento de la verificación manual presentaba varios inconvenientes, debido al factor humano y circunstancial al operar en esas condiciones artesanales, por ejemplo ingresar cloro más o menos de la cantidad establecida, no abrir las llaves a la hora establecida, no uso de EPP, falta de higiene, entre otras causas, lo que genera horas de retraso al momento de brindar el servicio.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

La problemática que se identificó, punto de justificación para el desarrollo de este proyecto de tesis, es que no se cuenta en la provincia con un sistema de control de cloración de agua potable, todo el trabajo se realiza en forma manual, y es en el proceso de cloración que se ve afectado por microorganismo que origina enfermedades a los usuarios debido a que no hay un control de cloración adecuada para eliminar dichos contaminantes de agua. El tratamiento que se lleva a cabo en la actualidad del agua, no cumple con las características y normas de calidad del agua para su consumo humano.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

En base a la descripción de las anomalías y limitaciones presentes en el proceso de potabilización del agua de la Planta Jundul - Huancabamba, se planteo una solución que permita mejorar la calidad del agua mediante un sistema de control de cloración, por lo que se hace la siguiente pregunta de investigación.

¿En qué medida, la aplicación de un sistema de control de cloración de agua en la Planta Jundul, mejorará las condiciones del proceso de potabilización del agua que permita tener una mejor calidad para su consumo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Estudio para la Aplicación de un Sistema de Control de cloración de agua en la Planta Jundul- Huancabamba.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Estudio del proceso actual de la potabilización de agua de la planta Jundul y evaluar las deficiencias presentes cada una de sus etapas.
- Estudio Técnico de las necesidades tanto de medición como dispositivos de accionamiento en el tratamiento de agua de la planta Jundul.

- Elaboración del requerimiento de dispositivos de actuación y medición para cada una de las etapas de potabilización en base a las tecnologías de automatización industrial.
- Dimensionamiento de los equipos de automatización para el control del proceso de potabilización de agua.

1.5 IMPORTANCIA , JUSTIFICACION Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

1.5.1 IMPORTANCIA

En el proceso de potabilización de agua es de vital importancia un sistema de control de cloración para mejorar la calidad del agua, además se cuenta con la tecnología en el área de control de procesos para ser aplicada con la finalidad de mejorar el proceso optimizando la calidad del mismo. Se espera que el efecto de la aplicación de este proyecto mejore el servicio y aumente el nivel de competitividad de la empresa. Contar con tecnología con equipos de alta confiabilidad, flexibilidad y adaptabilidad se busca además de mejorar la calidad del servicio de agua potable, la reducción de tiempos de los operarios. Además la automatización de los procesos permitirá al jefe de servicios municipales obtener la información procesada, esquematizada y consolidada para elaborar la programación de las tareas a realizar.

1.5.2 JUSTIFICACION

El crecimiento de la población en la provincia de Huancabamba en los últimos años ha provocado fuentes de abastecimiento de agua potable sean insuficientes para proporcionar la calidad de agua que demanda la población.

Las fuentes de abastecimiento se resumen solo en la extracción del acuífero, el problema no es aun solucionado ya que el agua contienen compuestos que no cumplen con lo establecido por la normativa correspondiente, por esta razón se han implementado diversos tratamientos en diferentes plantas para potabilización de dicha extracción.

Las plantas potabilizadoras desafortunadamente tiene una capacidad de diseño determinada, esta se ve rebasada en algunas ocasiones, tal es el caso de la planta de tratamiento de agua,

se ha observado que desde sus inicios de operación de la planta de tratamiento de agua ha sido modificada su calidad debido a los problemas de calidad ,se hace necesario mencionar que las causas de fallas de tratamiento de agua ,se debe a la falta de mantenimiento,fallas estructurales,problemas operativos y desatención en el sentido global.

El correcto proceso de estudio de automatización de acuerdo a las etapas de potabilización de agua, la instalación de la instrumentación de campo necesaria a lo largo de la trayectoria del proceso y el sistema de control de cloración, permitirá la obtención de calidad de agua para el consumo de la población.

Por lo expuesto, la aplicación del presente trabajo de investigación se justifica, porque este estudio constituye en una herramienta necesaria para los actores involucrados en el proceso de potabilización de agua, en forma indirecta, para los responsables del proceso; porque de su correcta aplicación se obtienen beneficios tangibles en el rendimiento de dichos procesos.

1.5.3 LIMITACIONES Y FACILIDADES

Limitaciones del Proyecto de Investigación.

a. Teórica

Para el desarrollo de este trabajo de investigación será necesario conocer:

- Métodos de control automático.
- Métodos de cloración de agua
- Equipos utilizados para sistemas de cloración.
- Sensores y actuadores.
- Almacenaje y traslado de sustancias peligrosas.
- Medios de transmisión.
- Uso y programación de controladores lógicos programables (PLC)

b. Temporal

El tipo de estudio a realizar es del tipo transversal, su ejecución se inició el 01 de junio del 2014 y su posible término, el febrero del 2015.

c. Espacial

El presente trabajo de investigación comprende el espacio geográfico se realizará en la provincia de Huancabamba ocupado por la planta jundul –Huancabamba.

1.5.4 Facilidades del Proyecto de Investigación.

Se cuenta con el apoyo de la Municipalidad Provincial de Huancabamba me proporcionará información del sistema, y el acceso al área donde se podrá revisar el sistema actual de cloración de agua, la infraestructura donde debe montarse este sistema, además de la información por parte de los encargados.

1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO

Gracias a la tecnología que existe en la actualidad y a la factibilidad de esta misma fue posible realizar el Estudio de Automatización para la elaboración del proyecto con finalidad de contar con un sistema eficiente y de bajo costo para control de cloración de agua en la Planta Jundul.

1.7 ANTECEDENTES

Plan Maestro de Integración y Desarrollo Fronterizo (PMIDF) provincias de Salta y Jujuy (Argentina) y departamentos de Potosí y Tarija (Bolivia). Proyecto de abastecimiento de agua en Villazón – la Quiaca. Generando un sistema de gestión unificado del servicio de agua potable de Villazón – La Quiaca, que permita el abastecimiento al conjunto de la población en cantidad, presión y continuidad adecuadas, y con niveles de calidad acordes a las exigencias de la OPS/OMS. A tal fin, actualización de los estudios y diseños del proyecto Mina Yuraj, y realización de las obras de extracción, aducción, potabilización y distribución domiciliaria.

Proyecto de abastecimiento de agua en bermejo – aguas blancas. Generar un sistema de gestión unificado del servicio de agua potable en Bermejo – Aguas Blancas, que permita el abastecimiento al conjunto de la población en cantidad, presión y continuidad adecuadas, y con niveles de calidad acordes a las exigencias de la OPS/OMS. En Bermejo se estima que la cuarta parte de la población carece de acceso a la red de agua potable, mientras que en Aguas Blancas los especialistas locales en salud denuncian sobre todo la turbiedad del agua ofrecida por la red.

Sedapal es la empresa líder en el sector Agua y Saneamiento en el Perú. Es la empresa más grande, brinda los mejores servicios y cuenta con la mejor tecnología. Es la única en el sector público con tener la Recertificación de las Normas Internacionales ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007, a los procesos relacionados al Sistema de Gestión de Calidad, Sistema de Gestión Ambiental y Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, respectivamente; en merecimiento a su modelo de gestión y mejora continua.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 POTABILIZACION.

Se denomina agua potable, al agua usada para el consumo humano. Sus principales características son: ser incolora, inodora e insípida así como también debe contener oxígeno y sales disueltas en su concentración apropiada y estar libre de gérmenes patógenos y sustancias tóxicas. Sin embargo el agua cruda, la cual proviene de los mantos acuíferos, pozos y lagos no poseen estas características. Por eso es necesario que se lleve un proceso de potabilización.

El proceso de potabilización se define como. Conjunto de operaciones de procesos físicos, químicos y biológicos que se aplican al agua, a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para su uso y consumo, es decir; que no contenga contaminantes. En la figura 2.1 se muestra el diagrama de bloque del proceso de potabilización.

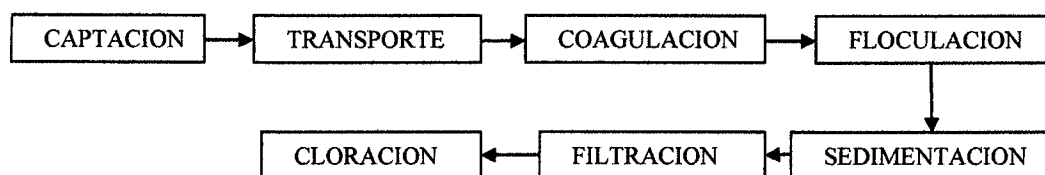


Figura 2.1 proceso de potabilización de agua.

2.1.1 CAPTACION.

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hace en los ríos o diques. El agua captada para la planta de tratamiento Jundul proviene de la catarata Chorro Blanco (Huancabamba), y su vertiente proveniente de los páramos de la zona está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido de minerales y el grado de contaminación varían según la época del año.

2.1.2 TRANSPORTE

2.1.3 COAGULACION

Se denomina coagulación al proceso de desestabilización y posterior agregación de partículas en suspensión coloidal presentes en el agua, para potenciar la etapa de decantación o espesado en la que esas partículas deben separarse del agua. La desestabilización se consigue neutralizando sus cargas eléctricas, con lo que dejan de actuar las fuerzas de repulsión, su potencial Zeta se anula y los coloides tienden agregarse por acción de masas, en esta etapa la planta Jundul cuenta con un canal de floculación de 17.8 metros.

El objetivo de la coagulación como proceso previo a la decantación es cambiar las propiedades de los elementos insolubles, de modo que sean más fácilmente separables.

Como es mucho más sencillo separar partículas grandes y pesadas que partículas ligeras y de poca superficie específica, el proceso de coagulación tenderá a agrupar partículas pequeñas en otras mayores, y por tanto más sólidas, que denominaremos flóculos para así separarlas más fácilmente.

2.1.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EL PROCESO DE COAGULACION.

a. Tipo y cantidad de coagulante. Aunque hay una cierta relación entre la turbidez del agua bruta y la dosis de coagulante, la cantidad exacta se debe determinar mediante ensayos (prueba de jarras) para evitar sobredosificaciones que rompan la *adsorción superficial*.

b. pH del agua. Para cada coagulante, existe una zona de pH donde se produce una buena floculación en plazo corto y con una dosis dada de coagulante, debiéndose efectuar, siempre que sea posible, en esa zona para optimizar productos y rendimientos.

c. Tiempo de mezcla y floculación (periodo de coagulación). Es el tiempo transcurrido entre la adición de coagulante y el final de la agitación a una velocidad que impida la decantación de las materias floculadas.

d. Temperatura del agua. La temperatura influye en el tiempo requerido para una buena formación de coágulos, (más fría, más tiempo).

La coagulación se realiza en la cámara de mezcla rápida, y es normalmente el proceso inicial en una planta de tratamiento de agua, del cual depende fundamentalmente la eficiencia de los procesos subsiguientes.

Las sustancias que más nos interesan en el proceso de la coagulación son la turbiedad y el color en forma de partículas muy pequeñas o coloides, material que no puede ser eliminado mediante un proceso de sedimentación simple.

2.1.3.2 TURBIEDAD.

Característica que hace aparecer el agua como turbia o borrosa, resistencia aunque la luz pase. La turbiedad se debe a las partículas suspendidas que se van desde el tamaño coloidal hasta arena gruesa, cuya presencia depende del grado de turbulencia del agua. Por ejemplo, en un lago la turbiedad es debida a las partículas coloidales (tamaño $<10^{-3}$ mm), en un río la turbiedad es debida a arena principalmente.

La turbiedad es importante considerarla en aguas de abastecimientos público por razones como la estética, es decir no hay correlación entre la turbiedad y el grado de contaminación por lo que el consumidor rechazara un agua que tenga mal aspecto, otra de las razones es la filtrabilidad debido a que es más difícil de ejecutar y más costosa cuando la turbiedad aumenta. Por lo que se puede concluir que el grado de turbiedad determina el uso de filtros lentos de arena o filtros rápidos cuya efectividad depende de la remoción de turbiedad por medio de la coagulación química, antes de pasar a los filtros.

La unidad de turbiedad es la turbiedad producida por el miligramo de SiO_2 (sílice) en un litro de agua destilada, La turbiedad se expresa en unidades de turbiedad (U.T). Para medir la turbiedad se emplean aparatos llamados turbidímetros, sensores de turbidez.

2.1.3.3 COLOR.

Característica que hace aparecer el agua se visualice como incolora debido al contacto con desechos orgánicos tales como hojas, madera, etc., en varios estados de descomposición. El hierro presente en muchos compuestos produce un color muy resistente, se puede deber además a desechos industriales que llegan a las corrientes de agua, lagos, cataratas.

2.1.4 FLOCULACION

La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en los floculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes contruidos para este fin, denominados decantadores. El proceso de floculación es precedido por el de coagulación, por eso suele hablarse de procesos de coagulación-floculación.

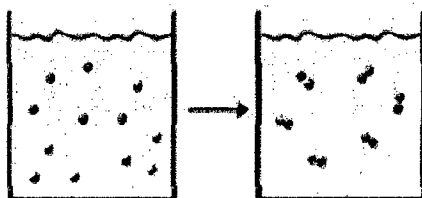


Figura 2.2 . Proceso de Coagulación-Floculación

En el proceso de floculación es importante conseguir la formación del floculo de mayor peso y cohesión posible ya que estas características facilitan su eliminación. En general, algunos de los siguientes medios favorecen el engrosamiento y consecuentemente, la sedimentabilidad del floculo.

Los floculantes más empleados son los siguientes:

- a. Agentes adsorbentes. Su misión consiste en dar mayor peso a los floculos ligeros, caso de la adición de arcillas bentoníticas que, al añadirse a los floculos formados, mejoran su densidad.
- b. Sílice activa. Se obtiene a partir del silicato sódico ($Na_2 SiO_3$) en disolución, a la cual se le neutraliza con ácido una parte importante de la alcalinidad, en cuyo momento se dice que se ha activado y presenta alta efectividad como auxiliar del tratamiento con sulfato de alúmina (alumbre).
- c. Polielectrolitos, Son polímeros de alto peso molecular, naturales o sintéticos. Contienen unidades de bajo peso molecular combinadas químicamente para formar una molécula de tamaño coloidal en las que cada una de ellas tiene una o más cargas o grupos ionizables.

2.1.4.1 FACTORES QUE AFECTAN A LA FLOCULACION

La floculación está condicionada por una serie de factores que determinan su eficacia en el proceso de separación de la fase sólido/líquido. Dichos factores son.

1).Dosis óptima de polímero. Para una cierta concentración de sólidos, todo polímero añadido es adsorbido sobre los mismos. El punto a partir del cual el polímero no es totalmente adsorbido corresponde a la dosis óptima, que será la cantidad máxima de polímero que puede ser adsorbido

sobre el sólido para producir un sistema floculado, a condición de que ningún enlace de superficie sea roto después de la formación de los flóculos.

2) Agitación. Una adecuada agitación es necesaria tanto en el momento de dosificación del polímero como en el proceso de formación y engorde del flóculo.

3) Peso molecular del polímero. El peso molecular es una de las propiedades que caracterizan a un polímero y determinan la eficacia de la floculación. Cuando se utiliza un polímero de bajo peso molecular existe una tendencia por parte de cada molécula a ser adsorbida por una única partícula. Con un polímero del mismo tipo pero de mayor peso molecular se produce un aumento en la relación óptima polímero/sólidos es decir, mayor número de moléculas pueden ser adsorbidas y utilizadas por las partículas. Con un aumento del peso molecular se optimiza la dosis de polímero y se incrementa la velocidad de decantación.

4) Efecto del pH. El pH puede afectar a la cantidad y tipo de cargas presentes en la superficie de los sólidos así como la cantidad de carga libre que configura el polímero en disolución. A su vez, la variación en la ionización en el polímero determina el grado de creación de puntos de enlace entre partículas y moléculas lo cual puede anular la eficacia de un polímero en un rango de pH. La efectividad de los polímeros varía en función del rango del pH.

(Sorenson 1909), quien propuso expresar tal valor en términos del logaritmo negativo y designar tal valor como pH, esto es:

$$PH = - \log [H^+]$$

Se constituyó entonces la escala de pH con un rango de 0 a 14, con pH=7 representando la neutralidad absoluta ($[OH^-] = [H^+]$).

Escala de pH

0-7 rango ácido (más ácido).

0-14 rango básico (más básico).

Los datos de pH dan el valor de la concentración del ión $[H^+]$ y por consiguiente el grado de acidez o de alcalinidad que pueda tener el agua.

Es importante aclarar que el pH no mide ni la acidez total ni la alcalinidad total y que, solamente, sirve para saber si un agua definitivamente no tiene acidez o no tiene alcalinidad o si existen ambas y, además como se aclara posteriormente, qué tipo de acidez o de alcalinidad predomina y cuáles son los compuestos a utilizar (tituladores) para determinar cuantitativamente el grado de acidez o alcalinidad.

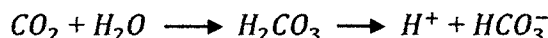
Por otra parte, el pH es importante porque influencia los procesos de tratamiento, tanto los de agua potable como los de agua residual. En la potabilización del agua, interviene en la coagulación-

floculación, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión. En aguas naturales el pH está entre 6.5 y 9, generalmente.

2.1.4.2 Acidez

Capacidad de neutralizar iones $[OH^-]$ o la presencia de iones $[H^+]$.

Origen: La mayoría de las aguas naturales están acidificadas debido a la presencia de CO_2 (Dióxido de Carbono).



H^+ (Comunica acidez).

No obstante no se descarta la posibilidad de acidez debido a ácidos minerales como el A. sulfúrico, A. nítrico, A. Fosfórico, etc. sobre todo en aguas contaminadas.

Por ejemplo, A. Sulfúrico: $H_2SO_4 \rightarrow H^+ + SO_4$

El CO_2 está presente en la atmósfera y puede entrar en el agua por absorción cuando la presión parcial del CO_2 en el agua es menor que la presión parcial del CO_2 en la atmósfera o puede salir del agua en caso contrario

Las aguas subterráneas contienen CO_2 en mayor proporción que las superficiales y es común encontrar valores de 30 a 50 mg/l de CO_2 .

2.1.4.3 FLOCULADOR.

El floculador posee paletas mecánicas que son las encargadas de mezclar íntimamente el agua con los productos químicos y formar así los flóculos, que al cobrar tamaño y peso precipitarán al fondo del decantador. El objetivo del floculador es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. La energía que produce la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánico. .

El periodo de retención debe estar entre 30 y 60 minutos. La velocidad de agitación no debe ser tan alta que rompa el floculo ni tan baja que permita la sedimentación en el floculador. El proceso de floculación se lleva a cabo mediante la utilización de estructuras llamadas floculadores, hay de tres clases. Mecánicos, Hidráulicos, Lodos suspendidos.

2.1.4.4 FLOCULADORES MECÁNICOS.

En los floculadores mecánicos se logra la agitación del agua con dispositivos o elementos tales como paletas, conjunto de paletas o rastrillos. Estos dispositivos se pueden adaptar a un eje vertical o horizontal. Los floculadores mecánicos están movidos por motores.

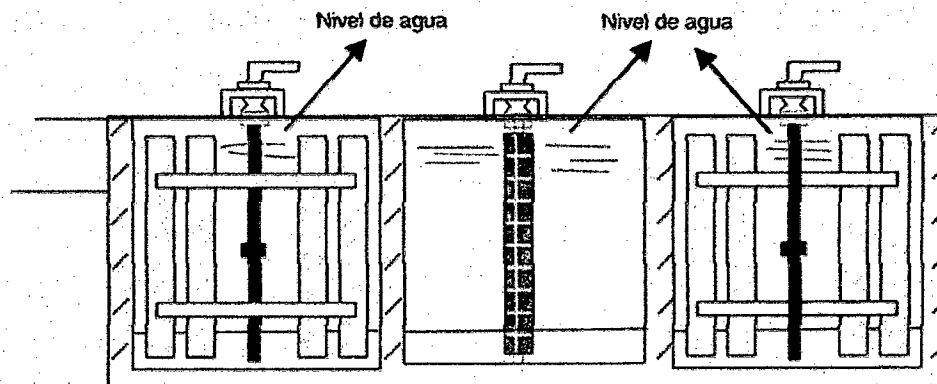


Figura 2.3 .Floculador mecánico

2.1.4.5 LODOS SUSPENDIDOS. Con suspensión mecánica

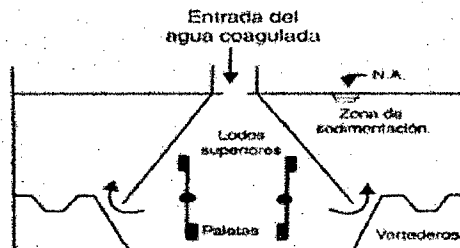


Figura 2.4.Floculador lodo suspendido

2.1.4.6 FLOCULADORES HIDRÁULICOS.

En los floculadores hidráulicos la agitación del agua se da por la velocidad de la misma. Ejemplo. Canales de paletas, cámaras floculadoras colocadas en serie.



Figura 2.5.Floculador hidráulico

2.1.5 SEDIMENTACION.

Operación por la cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad, en algunos casos se denomina clarificación.

La sedimentación después de la adición de coagulantes y de la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, como el caso de remoción de color y turbiedad.

Después que el agua ha pasado por las etapas de coagulación-floculación es conducida a estanques de decantación cuya finalidad es la permitir la caída de partículas de impurezas transformadas en flóculos al fondo del estanque. Para completar este proceso el agua debe permanecer en estos estanques decantadores durante varias horas (en el caso de la planta de Jundul, esta permanece en promedio tres horas).

Los decantadores o sedimentadores es su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua (que contiene menor turbiedad) por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.

Se realiza en depósitos anchos y de poca profundidad. La sedimentación puede ser simple o secundaria. La simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad será menor haciendo el agua más transparente. El reposo prolongado natural también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; mejor sabor y el

olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias. La secundaria se emplea para quitar aquellas partículas que no se depositan ni aun con reposo prolongado, y que es la causa principal de turbiedad. En este caso, se aplican métodos de coagulación con sustancias como el alumbre, bajo supervisión especializada.

2.1.6 FILTRACION.

Es el proceso mediante el cual el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. Este material poroso es generalmente arena.

La filtración se realiza ingresando el agua sedimentada o decantada por encima del filtro. Por gravedad el agua pasa a través de sucesivas capas de arena de distinto grosor las cuales retienen las impurezas o turbiedad residual que queda en la etapa de decantación.

Hay dos clases de filtros de arena.

- **Los de acción lenta**

En los filtros de acción lenta el agua pasa por gravedad a través de la arena a baja velocidad, la separación de los materiales sólidos se efectúa al pasar el agua por los poros de la capa filtrante y adherirse las partículas a los granos de arena

- **Los de acción rápida**

- **filtros de superficie libre**

En los filtros rápidos con superficie libre el agua desciende por gravedad a través de la arena a una velocidad mayor. Es imprescindible el tratamiento con coagulantes para sacar la mayor cantidad de partículas en suspensión.

Se emplea para obtener una mayor clarificación y generalmente Se aplica después de la sedimentación. La filtración más usual se realiza con un lecho arenoso de unos 100 por 50 metros y 30 centímetros de profundidad. La función principal de un filtro es la de eliminar materias en suspensión, pueden retener ciertas bacterias, quistes etc., pero por si solos no garantizan la potabilidad del agua.

- **filtros de presión.**

Los filtros de presión son recipientes cerrados, casi siempre cilíndricos, que contiene material filtrante a través del cual se fuerza el paso de agua por presión, no por gravedad.

Una vez que el filtro colmató su capacidad de limpieza, se lava ingresando agua limpia desde la parte inferior del filtro hacia arriba, esto hace que la suciedad retenida en la arena, se despegue de la misma.

2.1.6.1 FILTRO.

Un filtro de agua es un dispositivo que trata de mejorar la calidad del agua mediante sistemas que separan y retienen las partículas indeseadas que pueda contener, pero que dejan pasar el líquido, la utilidad práctica de estos dispositivos es muy diversa, así como los distintos modelos. Una persona que desee adquirir un filtro de agua debe de tener en cuenta que la mayoría no purifican el agua sino que simplemente mejoran su sabor, por ejemplo filtros lentos de arena.

2.1.6.1.1 FILTROS LENTOS DE ARENA.(Para tratamiento domiciliario)

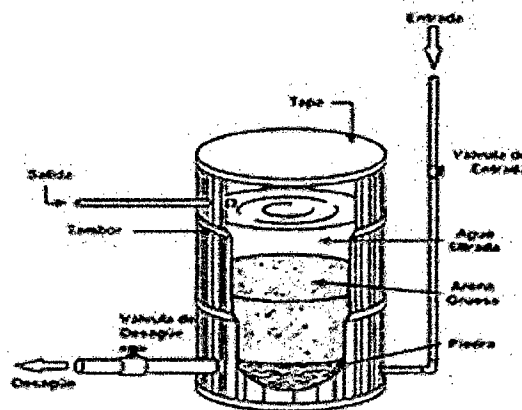


Figura 2.6 Filtro lento

Filtros lentos de arena, por medio de su utilización, fue posible eliminar impurezas existentes y reducir drásticamente la cantidad de personas padeciendo enfermedades como el cólera. Este principio para el tratamiento de aguas ha sido adaptado para dar soluciones a pequeña escala, y de uso unifamiliar. De esta forma, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, podrán ser pasadas por materiales filtrantes y lograr mediante ese proceso mejores condiciones.

2.1.6.1.2 FILTROS LENTOS DE ARENA (Para tratamiento colectivo)

La filtración lenta es uno de los procesos de tratamiento de agua más efectivos, simples y económicos. Es apropiado para áreas rurales. Su diseño sencillo facilita el uso de materiales y mano de obra locales. Requiere poco o ningún equipo especial. Este proceso difiere de la filtración rápida en arena, en su naturaleza biológica, su alta eficiencia y su facilidad de operación y mantenimiento para pequeñas comunidades.

Al filtrarse el agua por este sistema se mejora considerablemente su calidad al eliminarse la turbiedad y reducirse considerablemente el número de microorganismos (bacterias, virus.).

Debido al percolación del agua a través movimiento lento del agua y al alto tiempo de retención, este proceso se asemeja a la del subsuelo.

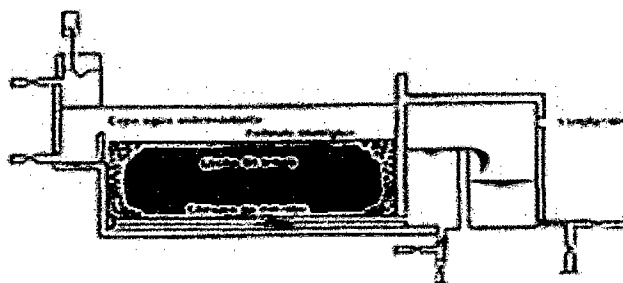


Figura 2.7. Filtro lento de arena para tratamiento de agua

2.1.7 CLORACION.

La cloración se emplea en la potabilización para destruir patógenos, controlar problemas de olor, remover hierro y manganeso y para eliminar nitrógeno amoniacal. Etapa final tiene por objetivo eliminar la mayoría de las bacterias remanentes en el efluente siendo el cloro y los compuestos del cloro como hipoclorito de calcio y de sodio, los cuales proporcionan una seguridad en el trayecto del agua potable a su destino final. Esta reacción se lleva a cabo en un tanque de contacto de cloro o por medio de dispositivos que permitan homogenizar la reacción.

La cloración es el método más habitual para la potabilización de agua logrando una correcta desinfección del agua a partir de determinadas concentraciones de cloro libre en un tiempo de contacto determinado.

El tratamiento del agua por cloración **permite eliminar de forma sencilla y poco costosa la mayor parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes** responsables de enfermedades como

la disentería, las fiebres tifoideas y el cólera. No obstante, es incapaz de destruir ciertos microorganismos parásitos patógenos. **La cloración**, por tanto, desinfecta el agua, pero no la purifica por completo.

Al igual que sus derivados clorados, **el cloro es un potente oxidante** que al mezclarse con el agua quema en media hora las partículas orgánicas en ella contenidas, especialmente los virus patógenos y los microbios. Aunque se necesita una cantidad importante de cloro para neutralizar esta materia orgánica, solo hace falta una parte, el denominado **cloro residual libre**, para tratar posibles contaminaciones posteriores del agua en la red o las viviendas. **Según la OMS, la concentración de cloro libre en el agua tratada debe estar entre 0,2 y 0,5 mg/l.**

2.1.7.1 PRUEBAS DE JARRAS

Es una prueba que trata de simular las condiciones en que se realizan el proceso de coagulación y de sedimentación. Se constituye en la principal herramienta de trabajo para el control de la operación de las plantas de tratamiento de agua, de acuerdo con los resultados de este ensayo se deben dosificar los miligramos por litro (mg/l), que dará una máxima calidad de agua con el mínimo consumo de coagulantes.

Objetivo de pruebas de jarras es de óptima utilidad porque determina

- La dosis de coagulantes que se debe aplicar en la planta.
- El pH óptimo de coagulación, este es el pH que permite la formación de los flóculos y no es igual para todas las aguas.

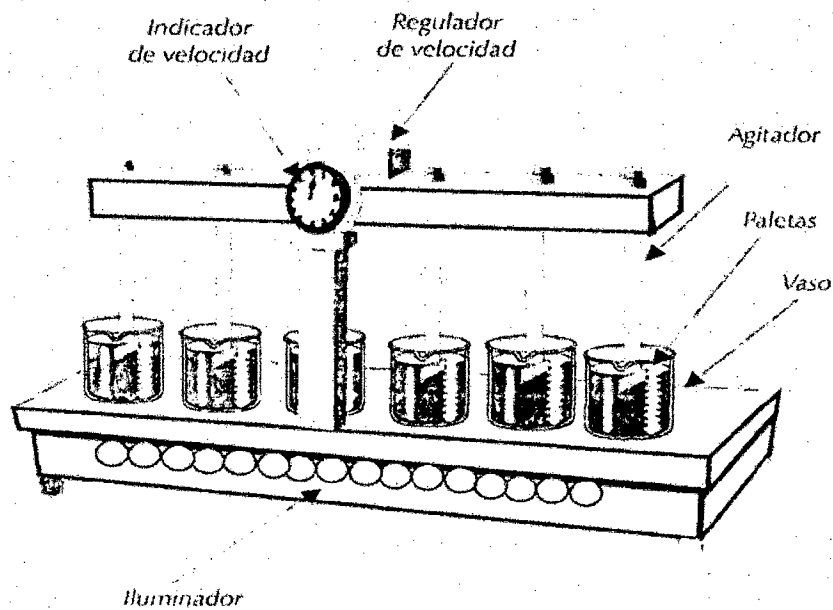


Figura 2.8. Equipo utilizado en el ensayo de jarras

Existen algunas variaciones en el equipo para efectuar esta prueba pero por lo general consta de lo siguiente:

- Un agitador mecánico
- vaso de precipitados

2.1.7.1.1. OTROS ELEMENTOS NECESARIOS

Además del equipo anteriormente descrito, se debe contar con los siguientes elementos.

- Un reloj o cronómetro
- Una probeta de 1000 ml
- Balanza de precisión de 0.1 gr. a 100 gr.
- Espátulas
- 6 jeringas desechables de 10 ml.
- 2 pipetas graduadas de 10 ml

- 2 matraces aforados de 1.000 ml

2.1.7.1.2 CÓMO HACER LA PRUEBA DE JARRAS.

El procedimiento para llevar a cabo el ensayo de jarras es el siguiente:

Utilice un balde, tome una muestra de agua cruda en el sitio de entrada a la planta y determine la turbiedad, el color, el pH, y la alcalinidad. Los vasos de precipitado estarán previamente aforados para un litro de agua (1.000 c.c.). Llene cada uno con la muestra de agua cruda analizada.

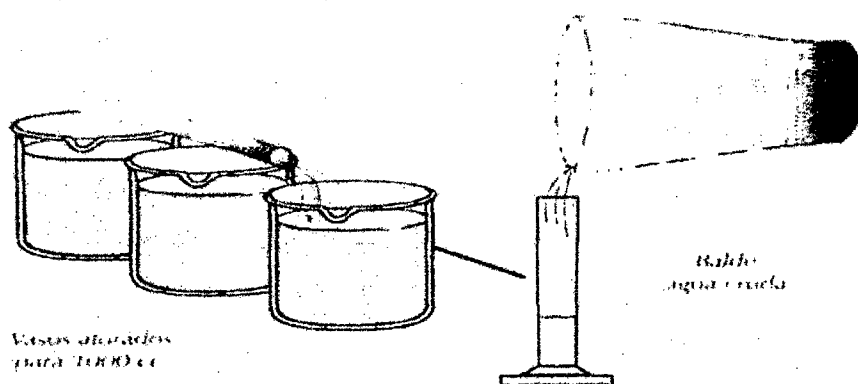


Figura 2.9. Muestra de agua cruda

Coloque los baffles deflectores e introduzca las paletas del aparato mezclador de jarras, de manera que estén bien centradas.

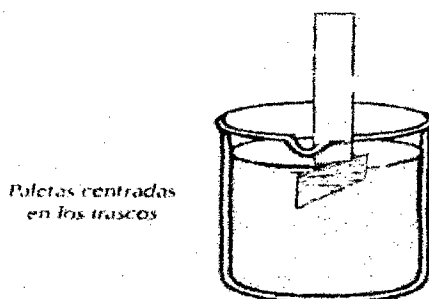


Figura 2.10. Mezclador de jarras.

Introduzca las paletas en los vasos. Dosifique con una pipeta graduada los miligramos por litro (mg/l), que correspondan a cada vaso del ensayo y si es necesario, tome el pH en cada vaso y haga su acondicionamiento al pH óptimo de coagulación, normalmente adicionando cal para aumentar la alcalinidad. Regular las R.P.M (revoluciones por minuto) de la mezcla rápida de la planta o en su defecto a 100 r.p.m. planta o en su defecto a 100 r.p.m.

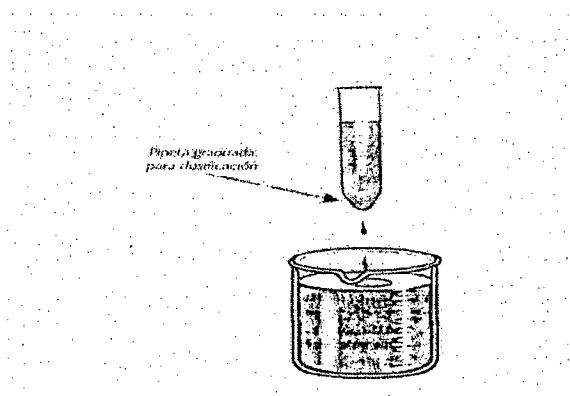


Figura 2.11. Pipeta Graduada para dosificación

Comience a contar el tiempo transcurrido hasta llegar a un minuto y reduzca la velocidad correspondiente a la velocidad de los floculadores de la planta, o en su defecto a 40 r.p.m. durante 19 minutos. Durante este tiempo (19 minutos), aparecen los "floculos" se acondicionan y se forman; cumplido el tiempo de mezcla lenta. Pare el mezclador y retire las paletas de las jarras. Espere unos veinte minutos y observe la clarificación en cada vaso y el floculo sedimentado. Al cabo de este tiempo, tome muestras del líquido clarificado con cuidado de no remover el floculo sedimentado y determine el pH, color y turbiedad.

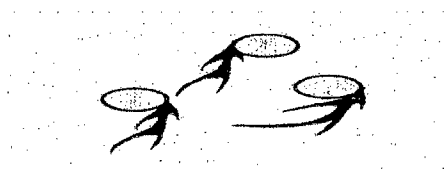


Figura 2.12 .Flóculos

La dosis óptima de coagulante será el resultado de la dosis para la cual se obtiene un floculo bien acondicionado, con peso mayor que sedimenta rápidamente y en el que se obtiene la menor turbiedad.

2.1.7.1.3 Reactivos .Los reactivos que se utilizan en el Ensayo de Jarras son:

2.1.7.1.3.1 Solución de alumbre: Se toman y pesan 10 gr. del mismo alumbre que se está dosificando en la planta y se transfieren a un vaso de precipitado y se disuelven con agua destilada o si es el caso, con agua tratada. Se pasa esta solución a un matraz aforado de un litro y se completa el volumen con agua. Se tapa el matraz, se prepara esta solución todos los días. La concentración debe ser tal que al agregar un (1 ml) de ella a las jarras de un litro, se obtiene una dosis de 10 mg.

2.1.7.1.3 Solución de cal: Se toma una cucharadita de cal y se diluye en un recipiente (de vidrio) con agua para obtener una solución no muy concentrada de cal. Esta se usará para obtener el pH óptimo de coagulación.

El reactivo más utilizado para tomar resultados de la prueba de jarras dosis más conveniente es el alumbre tome una muestra de agua cruda en el sitio de entrada a la planta y determine la turbiedad, el color, el pH, y la alcalinidad. Los vasos de precipitado estarán previamente aforados para un litro de agua (1.000 c.c.). Llene cada uno con la muestra de agua cruda analizada.

2.2 SENSORES

2.2.1 SENSOR. Elemento primario que se encarga de captar la magnitud física o química directamente del proceso, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: Temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, turbidez, pH, fuerza, torsión, humedad, etc.

2.2.2 SENSOR DE TURBIDEZ - PRINCIPIO DE MEDICION

De acuerdo con la definición de la USEPA, la turbidez es el aspecto turbio del agua causada por la presencia de materia en suspensión y coloidal. En el campo de abastecimiento de agua, una medición de la turbidez se utiliza para indicar la claridad del agua. Técnicamente, la turbidez es una propiedad óptica del agua basado en la cantidad de luz reflejada por las partículas en suspensión y materia coloidal. De acuerdo con los valores de turbidez ISO7027 abajo <40NTU se miden con los 90° dispersos método de luz. Fuente y el receptor de luz están colocados en un ángulo de 90° entre sí. En la figura 2.13 se muestra el principio de medición, la luz transmitida desde la fuente (1) se dirige en la misma fuerza para el receptor de referencia (2) y en el medio. La luz se refleja desde las partículas (5) y fracciones de la luz dispersada se recibida por el detector, que se coloca en un ángulo de 90 °. El medidor compara la luz de referencia y el receptor de luz dispersa y calcula el valor de turbidez, la turbidez está en función de la densidad.

Las unidades de medición de la turbidez son:

- NTU (Unidad de Turbidez Nefelométricas)
- UFN (Unidades nefelométricas de formacina)

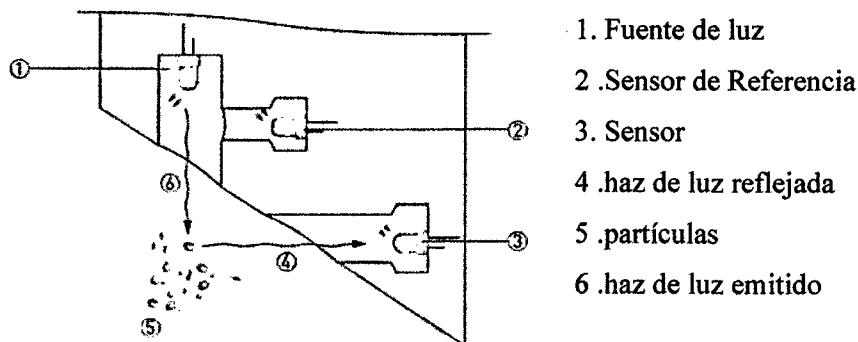


Figura 2.13. Principio de medición para la medición de la turbidez

La figura 2.14 muestra el sensor de turbidez Optisystur 1050, el cual utiliza hasta 90° del método de dispersión de luz para escanear muestras líquidas en cubetas de vidrio.

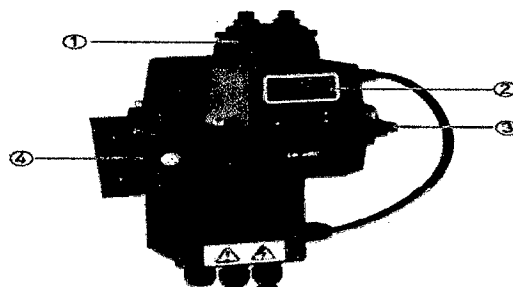


Figura 2.14 .Sensor de Turbidez Optisystur 1050

2.2.3 SENSOR DE PH

El principio de medida de un sensor de pH se basa en un vidrio sensible al pH. Cuando el Vidrio sensible al pH entra en contacto con un líquido, se forma en la superficie una capa delgada de gel hidratado lo cual permite el intercambio de iones entre la superficie del vidrio del líquido. En la superficie del vidrio se forma el denominado potencial de Nernst. Si ambas caras del vidrio están en contacto con los líquidos, puede detectarse una tensión entre los potenciales de las dos superficies. Dicha tensión guarda correlación con la diferencia en la Concentración de iones H^+ y, por consiguiente, con la diferencia de los valores de pH en ambos líquidos. El electrodo que mide el pH contiene una solución amortiguadora interna que tiene un valor de pH conocido. Si el valor de pH del producto de medida en el exterior del electrodo es igual al valor de pH de la solución amortiguadora interna, la tensión resultante es de 0V.

Si el valor de pH del producto difiere del valor de pH interno, se puede medir una tensión entre la capa interna y externa. A partir de la tensión resultante, se puede calcular la diferencia de pH entre los dos líquidos.

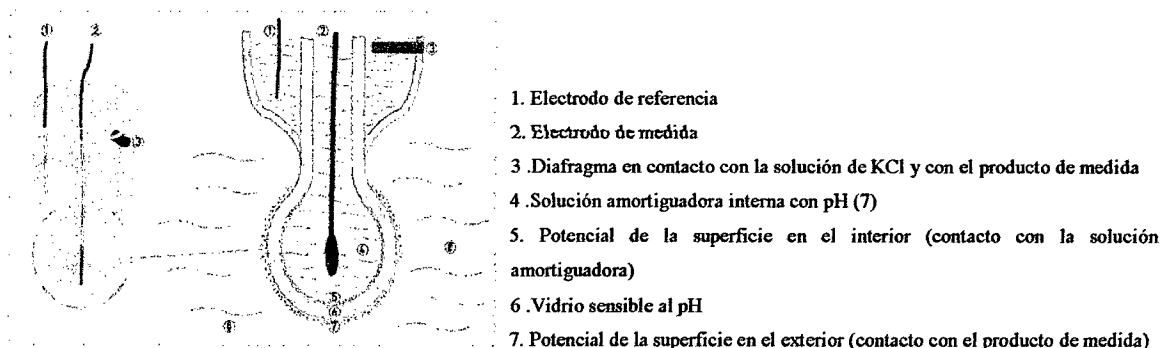


Figura 2.15.Principio de medida para la medida de pH.

La tensión se mide con un electrodo de medida y un electrodo de referencia, ambos incorporados en el sensor. El electrodo de medida está en contacto con la solución amortiguadora conocida en el bulbo de vidrio sensible al pH. El electrodo de referencia está sumergido en una solución saturada de cloruro de potasio (KCl). La misma solución de KCl está en contacto con el producto de medida por medio de un diafragma. El diafragma impide que el producto de medida penetre en el sistema de referencia, pero permite el contacto eléctrico con el producto de medida.

El cambio de tensión de un sensor de pH a 25°C/ 77°F es aproximadamente de 59mV por unidad de pH. Esto se denomina también "la pendiente" del sensor de pH tal como se muestra en la figura 2.16.

La pendiente depende de la temperatura y disminuye a lo largo de la vida de sensor.

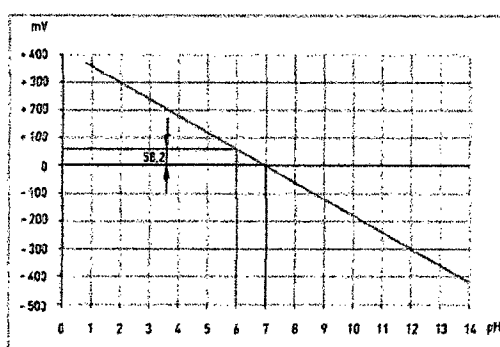


Figura 2.16. Pendiente óptima del sensor a 25°C / 77 °F

Por ejemplo, el sensor **OPTISENS PH 8100** que se muestra en la figura 2.17 está equipado con dos diafragmas abiertos y sensor de temperatura integrado Pt100. Con un diseño de electrodos combinados con un electrodo de referencia integrado, el sensor **OPTISENS PH8100** está equipado con dos diafragmas abiertos y sensor de temperatura integrado **Pt100**. El sensor se puede adaptar fácilmente a los requisitos de varias aplicaciones y es muy fácil de usar y duradero.

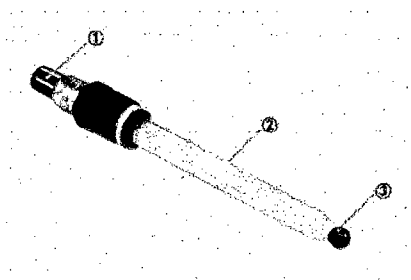


Figura 2.17. Sensor Optisens pH 8100

1. Conexión de proceso VP8.0
2. Eje de vidrio con electrodo de referencia integrado y llenado de gel de KCl
3. Electrodo de medida: vidrio H

2.2.4 CAUDALÍMETROS ULTRASÓNICOS.

Caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido, estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido, suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros.

Los Caudalímetro ultrasónico, son alimentados eléctricamente, y es posible encontrar dos tipos según su principio de medición. Tiempo de tránsito y Efecto Doppler.

Tiempo de tránsito.

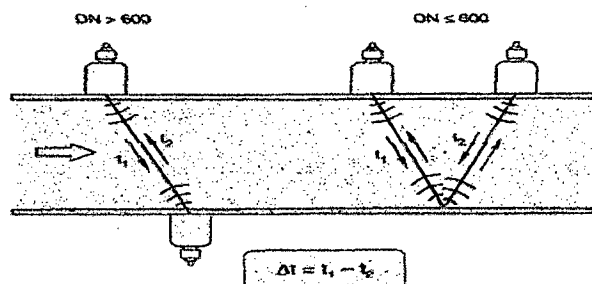


Figura 2.18. Medición la cual se propagan las ondas sonoras varía según la velocidad de fluido y su dirección del caudal.

Consiste en medir la diferencia entre el tiempo que le toma a dos señales atravesar una misma distancia, pero en sentido contrario utilizando como medio un fluido. Si el caudal del fluido es nulo, los tiempos serán iguales, pero cuando hay flujo los tiempos serán diferentes, ya que las velocidades de las señales serán afectadas por la del fluido cuyo caudal se desea determinar; esta diferencia de tiempo más el conocimiento sobre la geometría de la cañería y la velocidad del sonido en el medio permiten evaluar la velocidad del fluido o el caudal.

Dos sensores instalados en la tubería emiten y reciben impulsos de ultrasonidos simultáneamente. A "caudal cero", ambos sensores reciben las ondas sonoras transmitidas al mismo tiempo, es decir, sin ningún retardo en los tiempos de tránsito de la señal. Pero con un fluido en circulación, las ondas sonoras procedentes de cada sensor necesitan intervalos de tiempo distintos (dependencia en el caudal) para llegar al otro sensor. Si la distancia entre los dos sensores es conocida, la diferencia en los tiempos de tránsito de la señal es directamente proporcional a la velocidad del fluido.

Ambos sensores están conectados a un transmisor. El transmisor induce a los sensores a generar ondas sonoras y medir el tiempo de tránsito de estas ondas que se propagan de uno a otro sensor.

$$Q = K * (t1 - t2) / (t1 * t2)$$

t1: Tiempo de tránsito de la señal t1 (en el sentido de la corriente)

t2: Tiempo de tránsito de la señal t2 (contra corriente)

K: K = Constante = f (longitud del camino acústico, razón entre las distancias radiales y axiales de los sensores, distribución de velocidades (perfil de velocidades de flujo), sección transversal)

Efecto Doppler.

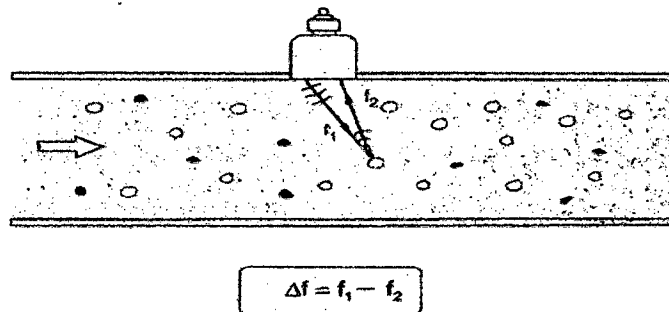


Figura 2.19. Medición de caudal por efecto Doppler con ultrasonidos. La frecuencia de las ondas emitidas (f_1) y reflejadas (f_2) varía en función de la velocidad del caudal de las partículas.

Caudalímetro de efecto Doppler, es el efecto que se produce cuando un frente de ondas se refleja en un objeto en movimiento. Es un incremento o una disminución de la frecuencia de las ondas sonoras a medida que la distancia entre una fuente sonora y un receptor aumenta o disminuye. Requiere dos sensores, el primero emite por el fluido una onda de ultrasonidos a una frecuencia determinada y el segundo recibe la onda reflejada.

La variación producida en la frecuencia del haz de ondas sonoras reflejadas es directamente proporcional a la velocidad de las partículas o burbujas del flujo en movimiento, el cálculo del caudal viene dado por la expresión siguiente.

$$Q = K * \Delta f$$

Δf : Variación de la frecuencia ($f_1 - f_2$)

K: K = Constante = f (ángulo de incidencia o reflexión, posición de la partícula reflejante, sección transversal).

2.2.5 CAUDALÍMETRO OPTISONIC 6300.

El OPTISONIC 6300 es un caudalímetro ultrasónico tipo clamp-on que se puede instalar en el exterior de las tuberías para medir la velocidad de caudal de los líquidos. Este caudalímetro está formado por una combinación de uno o dos sensores clamp-on y un convertidor de caudal ultrasónico:

$$\text{OPTISONIC 6000} + \text{UFC 300} = \text{OPTISONIC 6300.}$$

Principio de medida

Como canoas cruzando un río, las señales acústicas se transmiten y reciben a lo largo de un haz de medida diagonal. Una onda sonora que baja con el caudal viaja a mayor velocidad que una onda sonora que sube con el caudal. La diferencia del tiempo de tránsito es directamente proporcional a la velocidad media de caudal del medio.

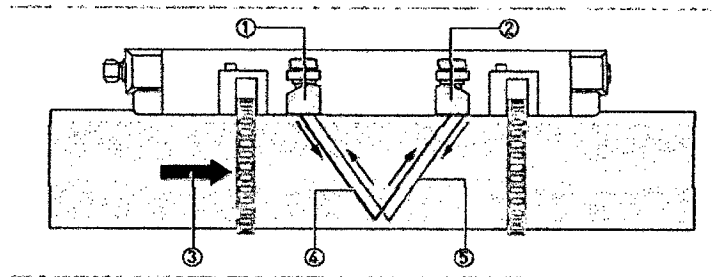


Figura 2.20. Principio de medida.

- 1 .Transductor A
- 2 .Transductor B
- 3 .Velocidad de caudal
- 4 .Tiempo de tránsito desde el transductor A al transductor B
- 5 .Tiempo de tránsito desde el transductor B al transductor A

Transmisor de Presión de líquidos.

Transmisores de presión convierten una presión aplicada en una señal eléctrica. Esta señal se envía a las computadoras, grabadoras de cuadros, medidores digitales de panel u otros dispositivos del PLC (controladores programables lógicos) que interpretan esta señal eléctrica y la utilizan para mostrar, registrar y/o cambiar la presión en el sistema que se está monitoreando.

Son instrumentos que captan la variable del proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos.

Principios de funcionamiento de transmisor de presión.

Para la medida de presión con transmisores de presión se requiere un sensor que capta el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una señal eléctrica. La señal eléctrica indica el valor de presión recibida, los cuatro principios más importantes son la medida con sensores resistivos, sensores piezoresistivos, sensores capacitivos y sensores piezoeléctricos.

2.2.6 TRANSMISOR DE PRESION OPTIBAR P 3050 C.

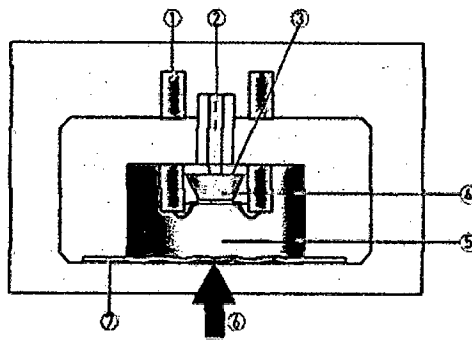


Figura 2.21. Principio de medida de la presión.

1. Cables de señal del puente de medida
2. Ventilación (sólo con transmisores de presión manométrica)
3. Célula de silicona
4. Diafragma de silicona con elementos piezoresistivos
5. Carga de líquido
6. Presión de proceso "P"
7. Diafragma metálico.

La presión de proceso se transmite, desde el diafragma metálico (7) y a través de la carga de líquido situada detrás de él (5), directamente a la célula de medida de silicona (3). Los elementos de medida piezoresistivos integrados en el diafragma de silicona (4) son sometidos a un esfuerzo correspondiente que luego es convertido (a través de un circuito Wheatstone Bridge) en una tensión eléctrica proporcional a la presión de proceso aplicada.

La presión absoluta, la presión manométrica y el vacío se pueden medir utilizando este principio de medida.

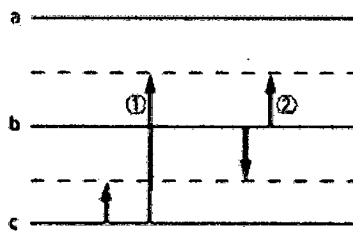


Figura 2.22 .Configuración de medida disponible

- a: P_e = Presión efectiva (2 bar).
- b: P_{amb} = presión ambiental (1,013 bar).

- c: P_0 = vacío (0 bar).
- 1. Presión absoluta (1,513 bar).
- 2. Presión manométrica (0,5 bar).

PRESIÓN ABSOLUTA. Durante el proceso de producción, el sensor es evacuado en el lado negativo de la célula de medida y luego sellado y referenciado en relación a un vacío. Ahora, el transmisor de presión mide la presión absoluta (1) comparada con una presión "cero" en un espacio vacío.

PRESIÓN MANOMÉTRICA. La parte posterior del sensor está abierta hacia la atmósfera gracias a una abertura de ventilación. De este modo, el equipo es referenciado automáticamente en relación a la presión continuamente cambiante del aire ambiental y se indica la presión manométrica (2) que se da en el proceso comparada con la presión atmosférica correspondiente.

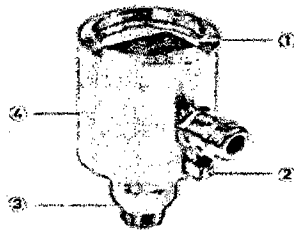


Figura 2.23. Transmisor de presión OPTIBAR P 3050 C.

1. Pantalla LCD (opcional).
2. Conexión a tierra (Tierra).
3. Conexión de proceso.
4. Alojamiento de acero inoxidable.

2.3 ACTUADOR.

- 2.4** Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles. Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide).

Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico, eléctrico.

A continuación se define los actuadores a utilizarse en el proyecto de investigación.

2.3.1 BOMBAS DOSIFICADORAS.

Son un tipo de bombas especiales que sirve para la correcta dosificación de una sustancia química a una corriente de agua, algún depósito de agua, u otro sistema donde se requiera que la concentración de una sustancia química (cloro, polímeros, metabisulfito de sodio, etc.) se mantenga constante.

La exactitud de la dosificación depende mucho de la marca y del modelo de la bomba que se utiliza. Existen en el mercado dos tipos de bombas dosificadoras.

- Manuales, en donde la persona que opera el equipo tiene que calcular en base a datos la dosificación correspondiente y ajustar las perillas del equipo hasta dar con la dosificación correcta, cosa que produce varios errores.
- Digitales, aquí igualmente se tiene que hacer los cálculos de dosificación necesaria, pero ya no es necesario estar ajustando la bomba, ya que basta con presionar unos botones para calibrar la dosificación correcta de la bomba, siendo esta más exacta.

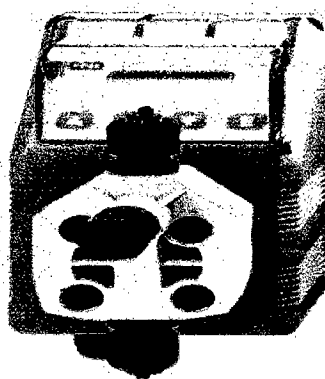


Figura 2.24. Bomba dosificadora de cloro.

2.3.2 VÁLVULAS DE DIAFRAGMA.

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

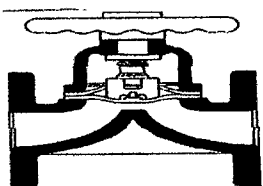


Figura 2.25. Válvula de diafragma.

Se utilizan para el corte y estrangulación de líquidos que pueden llevar una gran cantidad de sólidos en suspensión, en las válvulas de diafragma se aísla el fluido de las partes del mecanismo de operación. Esto las hace idóneas en servicios corrosivos o viscosos, ya que evita cualquier contaminación hacia o del exterior.

Las aplicaciones típicas de este tipo de válvula son principalmente para presiones bajas, Plantas de energía fósil, farmacéutica, Minas, Plantas nucleares, Tratamientos de agua. Hay dos tipos de válvulas de diafragma.

- **Weir (paso restringido).** Las válvulas de diafragma tipo Weir se pueden usar en servicios de apertura y cierre y regulación
- **Straightway (paso directo).** También llamadas Straight-Thru de paso directo solo se usan en servicios de apertura y cierre.

2.3.3 VÁLVULA DE ALIVIO.

Las válvulas de alivio de presión, también llamadas válvulas de seguridad, están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. En general son obligatorias en las instalaciones industriales, comerciales y domésticas en las que circulen o se mantengan fluidos sometidos a cambios de presión.

Las válvulas de alivio de presión se utilizan también para controlar procesos, en estos casos las válvulas actúan enviando los fluidos a determinados lugares dependiendo de presión del sistema. Están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido, las válvulas eléctricas de alivio cuentan con los dos módulos, un presostato y una electroválvula. El presostato se puede ajustar para que dispare la electroválvula a la presión deseada, controlando los tiempos de disparo. Los sistemas más avanzados en lugar de un Presostato tienen un transductor de presión que envía una señal a un cuarto de control, un Operador de manera manual o programando una computadora decide a que presión se abra o cierre la electroválvula.

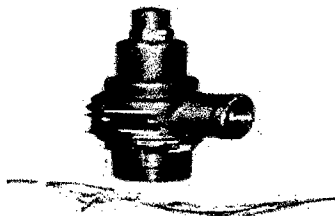


Figura 2.26. Válvula de alivio para agua tipo Herbert

2.4 TEORIA DE CONTROL.

2.4.1 SET POINT O CONSIGNA.

Valor de referencia diseñado y utilizado para comparar la variable medida, cuyo resultado es una señal de desviación o error, valor en el cual se quiere mantener la variable controlada.

La condición, propiedad o cantidad la cual es medida. A menudo llamada “variable de medida”.

Ejemplo de condición: Flujo, temperatura, presión, nivel, velocidad, etc. Ejemplo de propiedad: Viscosidad, dureza, pH, densidad, salinidad, etc.

2.4.2 CONTROLADOR.

Es el encargado de determinar el error y determinar que tipo de acción tomar, compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (valor deseado), determina la desviación o error, y produce una señal de control que reducirá la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control. El controlador detecta la señal de error, que por lo general está en un nivel de potencia muy bajo, y lo amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático, alimenta a un actuador tal como un motor hidráulico o un motor eléctrico, una válvula neumática.

2.4.3 PERTURBACION.

Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema, las perturbaciones actúan sobre un sistema modificando, su funcionamiento por lo que su presencia implica la necesidad de control. Normalmente las perturbaciones actúan sobre un sistema aleatoriamente.

2.4.4 CONTROL DE LAZO.

2.4.4.1 CONTROL DE LAZO ABIERTO.

Es decir, en un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control.

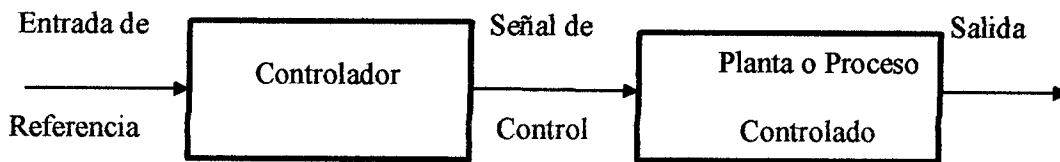


Figura 2. 27. Sistema de Control de Lazo Abierto

2.4.4.2 SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO.

En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentados. La diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se la denomina señal de error del sistema; esta señal es la que actúa sobre el sistema de modo de llevar la salida a un valor deseado. En otras palabras el término lazo cerrado implica el uso de acción de realimentación negativa para reducir el error del sistema.

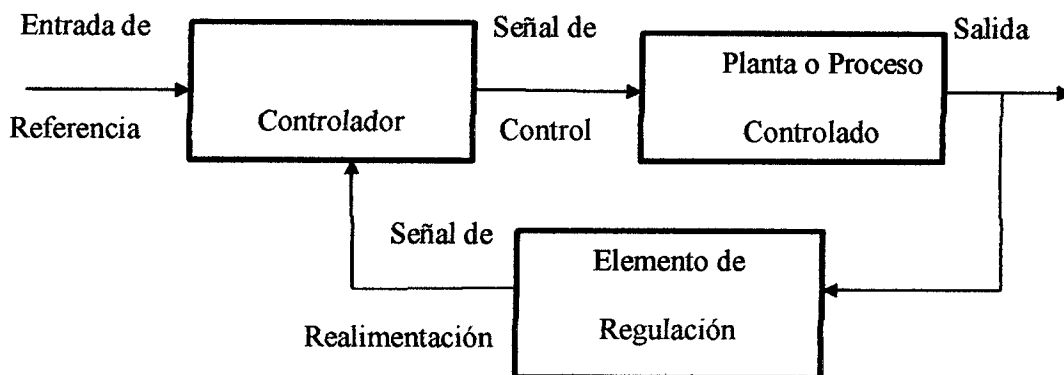


Figura 2.28. Sistema de Control de Lazo Cerrado

2.4.5 PROCESO.

Es un conjunto de equipos, reactores, tuberías, tanques, columnas, etc. En los cuales ocurren cambios químicos o físicos que conllevan a la preparación del producto (no incluye los instrumentos de medición y control), ejemplos de procesos (Cambios en presión, temperatura, Calentamiento y ventilación, destilación, cloración, etc.). Está constituido por una serie de operaciones coordinadas sistemáticamente para producir un resultado final que puede ser un producto.

2.4.6 VARIABLE CONTROLADA.

Es aquella que se mantiene en una condición específica deseada es la que se quiere controlar.

2.4.7 VARIABLE MANIPULADA.

Es la señal sobre la cual se actúa o se modifica con el fin de mantener la variable controlada en su valor. Esta cambia continuamente para hacer que la variable controlada vuelva al valor deseado.

2.4.8 PLANTA.

Sistema sobre el que pretendemos actuar, cuyo objetivo es realizar una operación determinada por ejemplo, la planta de agua Jundul-Huancabamba.

2.4.9 AUTOMATA PROGRAMABLE.

El controlador lógico programable es un dispositivo electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/ salida digitales (ON/OFF) o analógicos (0- VCD, 4-20mA) varios tipos de máquinas o procesos.

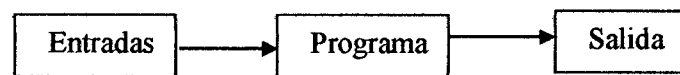


Figura 2.29. Diagrama de bloques del Controlador Lógico Programable.

Estructura básica del PLC

- Fuente de alimentación.
- CPU.
- Módulo de entrada.
- Módulo de salida.
- Terminal de programación.
- Periféricos.

Respecto a su disposición externa, los PLC's pueden contener varias de estas secciones en un mismo modulo o cada una de ellas separadas por diferentes módulos, los módulos pueden ser compactos o modulares.

2.4.9.1 Fuente de Alimentación. Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220 VCA a baja

Tensión de voltaje de corriente continua normalmente 24 VCC. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos.

2.4.9.2 CPU (Unidad Central de Procesos). Es el auténtico cerebro del sistema, se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas, posteriormente se procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

2.4.9.3 Módulo de Entradas. Es donde se conectan los dispositivos de entrada tales como captadores (interruptores, finales de carrera, sensores, pulsadores), la información recibida es enviada al CPU para ser procesada de acuerdo a la programación.

Los Captadores Pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, por medio de una acción mecánica, estos son los interruptores pulsadores, finales de carrera, etc. Los Captadores Activos son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. En este caso los tipos de captadores son sensores inductivos, capacitivos, fotoeléctricos etc. Muchos de estos captadores pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del PLC.

2.4.9.4 Módulo de Salidas. Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de relevadores, lámparas, motores, válvulas, etc.). La información es enviada por las entradas del CPU, una vez procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y mandar las señales a los dispositivos de salida.

2.4.9.5 Terminal de programación o consola de programación. Es el que permite comunicar al operario con el sistema, las funciones básicas de este son las siguientes.

- ✓ Transferencia y modificación de programas.
- ✓ Verificación de la programación.
- ✓ Información del funcionamiento de los procesos.

2.4.9.6 PERIFÉRICOS. Son elementos auxiliares que están físicamente independientes del controlador que se unen al mismo para realizar su función específica, no intervienen directamente en la elaboración, ni en la ejecución del programa. Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del PLC, pero sin embargo facilitan la labor del operario. Los más utilizados son.

- Grabadoras o cassettes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria EEPROM

2.4.9.7 INTERFACES. Son circuitos que permiten la comunicación de la CPU con el exterior, llevando la información acerca del estado de las entradas y transmitiendo las órdenes de activación de las salidas con un enlace del tipo RS-232 o RS-485, cable coaxial de 75 ohm y efectúan la

comunicación mediante el código ASCII. Así mismo permite la introducción, verificación y depuración del programa mediante la consola de programación.

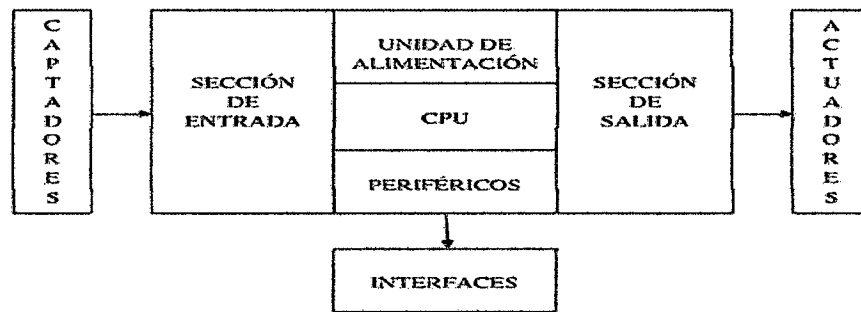


Figura 2.30. Estructura del PLC

2.4.10 HOMBRE MAQUINA (HMI).

La sigla HMI es la abreviación en inglés Human Machine Interface, la cual hace referencia al término Interfaz Hombre Maquina, los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana de un proceso”. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

2.4.11 CONTROL CENTRALIZADO.

Es básicamente una estructura de control en la cual todas las variables medidas pueden tener influencia en el cálculo de todas las acciones de control, es decir todas las acciones de control están disponibles para contrarrestar el efecto de cualquier perturbación en cualquiera de las variables controladas.

2.4.12 CONTROL DISTRIBUIDO.

Esta estrategia de control ha tenido uso cuando se emplean controladores predictivos como controladores locales, debido a que mientras alguno de ellos está resolviendo su propio problema de optimización, está también intercambiando información sobre sus predicciones con los demás controladores. Esto le permite a cada controlador tener alguna idea de cuál es el camino probable que seguirá alguna dinámica que pueda influenciarlo directamente, y poder tomar acciones correctivas posiblemente antes de que las perturbaciones actúen. Existe un extenso conjunto de algoritmos para control predictivo distribuido propuestos en la literatura. Una buena clasificación de ellos se puede hacer con base en la topología de la comunicación en red.

- Algoritmos distribuidos totalmente conectados. La información es transmitida (y recibida) por algún controlador local hacia todos los otros,

- Algoritmos distribuidos parcialmente conectados. La información es transmitida (y recibida) por algún controlador local hacia un conjunto dado de controladores.

El intercambio de información entre los controladores locales puede ser hecho de acuerdo a los siguientes protocolos.

- Algoritmos distribuidos no iterativos. La información es transmitida y recibida por los controladores locales sólo en cada tiempo de muestreo.
- Algoritmos distribuidos iterativos. La información puede ser transmitida y recibida por los controladores locales varias veces en un intervalo de muestreo.

Por último es posible también, clasificar los métodos según el objetivo de desempeño.

- Algoritmos distribuidos independientes. Cada controlador local minimiza su propio índice de desempeño.
- Algoritmos distribuidos cooperativos. Cada controlador busca la forma de minimizar el índice de desempeño global del proceso.

2.4.13 ESTRATEGIA DE CONTROL.

Son modificaciones de lazos de control convencionales para mejorar lo siguiente

- Rechazo de perturbaciones
- Mantenimiento de proporciones
- Operación con varios objetivos
- Operación con varios controladores
- Operación con varios actuadores, Etc.

2.4.13.1 CONTROL EN CASCADA.

Se utiliza cuando las perturbaciones afectan directamente a la variable manipulada (en la mayoría de los casos será un caudal de materia o flujo de energía), este tipo de perturbaciones se denominan perturbaciones a la entrada. Utiliza la medida de variables internas (auxiliares) para detectar rápidamente el efecto de las perturbaciones e iniciar antes la acción correctora, se realiza mediante bucles de realimentación anidados.

2.4.13.2 CONTROL RELACIÓN.

Mantener la relación entre dos variables a un valor predeterminado

2.4.13.3 CONTROL SELECTIVO.

Mantener bajo control (entendido como conseguir que no se superen determinados límites) varias variables de proceso manipulando una sola variable. Varios objetivos de control asociados a un proceso no pueden satisfacerse simultáneamente, no es posible eliminar la desviación en todas ellas a cambios en la carga o en el punto de consigna, es necesaria alguna estrategia en que las variables controladas puedan compartir variables manipuladas.

2.4.13.4 CONTROL ANTICIPATIVO.

Se utiliza cuando las perturbaciones significativas afectan más directamente a la variable de salida que se desea controlar, este tipo de perturbaciones se denominan perturbaciones a la salida o de carga, utiliza la medida de la propia perturbación (o de una variable auxiliar de la que inferir su valor) para actuar antes de que la perturbación se propague a la salida, por ejemplo un caso particular es el control de proporción o de relación.

2.4.13.5 CONTROL ADAPTATIVO.

El control adaptativo es un método en el cual la respuesta de un controlador cambia automáticamente basado en los cambios de las condiciones dentro del proceso, contiene un sistema computarizado que es programada para cambiar la respuesta del controlador cuando un error no es el correcto, por ejemplo es típicamente usado en situaciones donde la ganancia de los procesos no son lineales, como en el control de pH.

2.4.13.6 CONTROL DE RANGO DIVIDIDO (SPLIT - RANGE CONTROL)

Es un sistema de control en el cual existe una sola variable controlada y dos o más variables manipuladas, que deben tener el mismo efecto sobre la variable controlada. Para realizar éste sistema se requiere compartir la señal de salida del controlador con los varios elementos finales de control.

2.4.14 GABINETE DE CONTROL.

Es un sistema de control en el cual ofrece protección mecánica y eléctrica para el equipo y protección para el operador del equipo, Configurar un tablero de información cuyo objetivo y utilidad básica es diagnosticar adecuadamente una situación. Puesto que el sistema de equipo de control se encuentra encerrado en un gabinete, por el cual el operador no puede tocar las conexiones eléctricas vivas y lastimarse.

2.4.15 CONTROL SCADA

SCADA es un acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition (control y adquisición de datos de supervisión). Los sistemas SCADA usan tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

2.4.16 COMUNICACIONES INDUSTRIALES.

Se puede definir a las comunicaciones industriales como: “área de la tecnología que estudia la transmisión de información entre circuitos y sistemas electrónicos utilizados para llevar a cabo tareas de control y gestión del ciclo de vida de los productos industriales”.

Son desarrolladas para resolver la problemática de la transferencia de información entre los equipos de control del mismo nivel y entre los correspondientes a los niveles contiguos de la pirámide CIM.

2.4.16.1 La Necesidad

En los niveles superiores de la pirámide CIM se trabaja frecuentemente con grandes volúmenes de datos, aunque el tiempo de respuesta no es en general crítico y se sitúa entre pocos segundos hasta

minutos incluso horas. Por el contrario, los sistemas electrónicos de control utilizados en los niveles inferiores de las fases de producción trabajan en tiempo real y debido a ello se les exige tiempos de transmisión mucho más rápidos y, sobre todo, un comportamiento determinista de las comunicaciones, aunque los volúmenes de comunicación a transmitir son, en general, menos elevados.

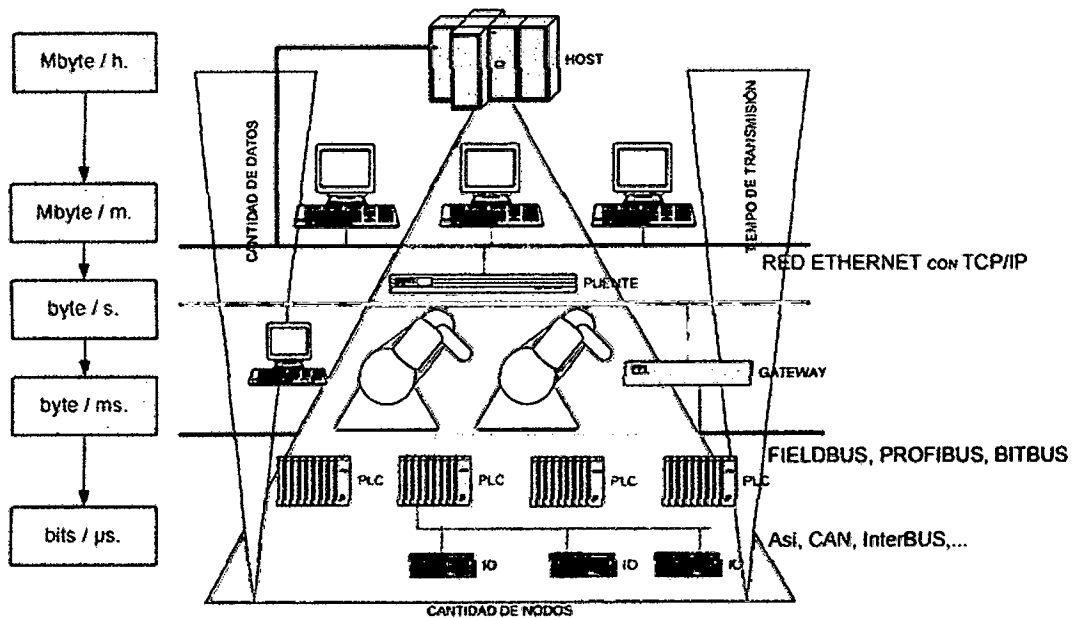


Figura 2.31. Tiempos de respuesta en los niveles CIM

Para los sistemas informáticos abiertos, la ISO desarrolló el modelo OSI (Open System Interconnection) con la finalidad de estandarizar su interconexión.

2.4.17 Redes de Comunicación Industrial.

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que esta se encuentre en un nivel de competitividad exigida en los procesos productivos actuales.

En un sistema de comunicación de datos industrial es tanto más exigente cuanto más cerca del proceso nos encontramos. Cada uno de los niveles de la pirámide CIM cuenta con redes de comunicación cuya aplicación se basa según las siguientes características:

- Volumen de datos.- cantidad de datos que viajan por la red en cada envío.
- Velocidad de transmisión.- velocidad a la que viajan los datos en la red.
- Velocidad de respuesta.- velocidad que hay entre el momento de dar la orden y la respuesta del dispositivo.

Son tipos de redes de comunicación según estas características:

2.4.17.1 Redes de Empresa y Fábrica

En este nivel se ejecutan, entre otras redes, las siguientes aplicaciones informáticas: Programas ERP (Planificación de recursos empresariales), Programas MES (Sistemas de ejecución de fabricación), Programas CAD/CAM/CAE (Ingeniería, Fabricación y Diseño asistido por computadora), entre otros.

2.4.17.2 Redes de Célula

Diseñadas para satisfacer determinados requisitos que son propios del ambiente industrial, entre los que destacan:

- Funcionamiento en ambientes hostiles
- Gran seguridad en el intercambio de datos en un intervalo cuyo límite superior se fija con determinismo para poder trabajar en tiempo real.
- Elevada fiabilidad y disponibilidad de las redes de comunicación, mediante la disponibilidad de dispositivos electrónicos, medios físicos redundantes y/o protocolos de comunicación.

En lo que respecta a los protocolos de la capa aplicación la cual se realiza a través de la red industrial Ethernet, esta se combina con protocolos de las capas inferiores tales como: ModBus TCP, EtherNet/IP, Profinet, etc. Para el proyecto se propone la red industrial Profinet para la comunicación con controladores Siemens.

2.4.17.3 Redes de Control

O conocido también como buses de campo. Estas redes resuelven problemas de comunicación con los niveles inferiores de la pirámide CIM. Se utilizan por tanto, para la comunicación de dispositivos de control como controladores en modo de dialogo Master Slave y/o dispositivos en campo como sensores y actuadores. Redes de control pueden ser Ethernet/IP, Profinet, Profibus FMS donde se pueden comunicar controladores maestros redundantes o maestro esclavo. Para la red de campo se utilizan protocolos como Profibus DP, CAN, ASI, etc.

Rev. 01/01/17 — 0400 — Ben

CAPITULO III: ARQUITECTURA Y SISTEMA DE CONTROL.

En el Capítulo II de esta tesis, se hizo una descripción de las etapas de potabilización de agua, así como los sensores y actuadores necesarios para realizar el control de cloración, como parte del estudio del proceso de automatización de la planta Jundul-Huancabamba. Las características de operatividad descritas para cada una de las etapas y la correcta selección de sus elementos de control a ser integrados en el proceso de potabilización, permitirá realizar este proyecto de automatización de manera confiable. En el desarrollo de este capítulo y con el propósito que se plantea en este proyecto referido al mejoramiento de la calidad de agua, se considerara esencialmente tres factores.

- Diseño de la Instrumentación del Proceso de Potabilización
- Dimensionamiento de los elementos de captación, medición y transmisión de los parámetros del agua captada.
- Dimensionamiento de los elementos de actuación ya sea motores, válvulas de control entre otros.
- Dimensionamiento de los dispositivos de E/S para la lectura de señales de medición de parámetros del agua y las salidas de la señales de control hacia los actuadores del proceso de potabilización.
- Dimensionamiento de los controladores del proceso.
- Arquitectura de Control Distribuido

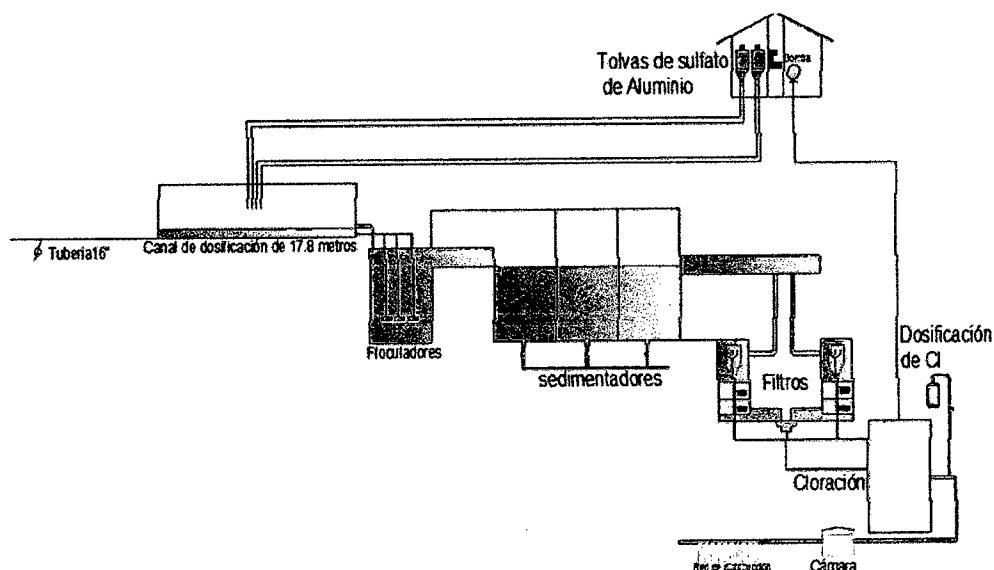
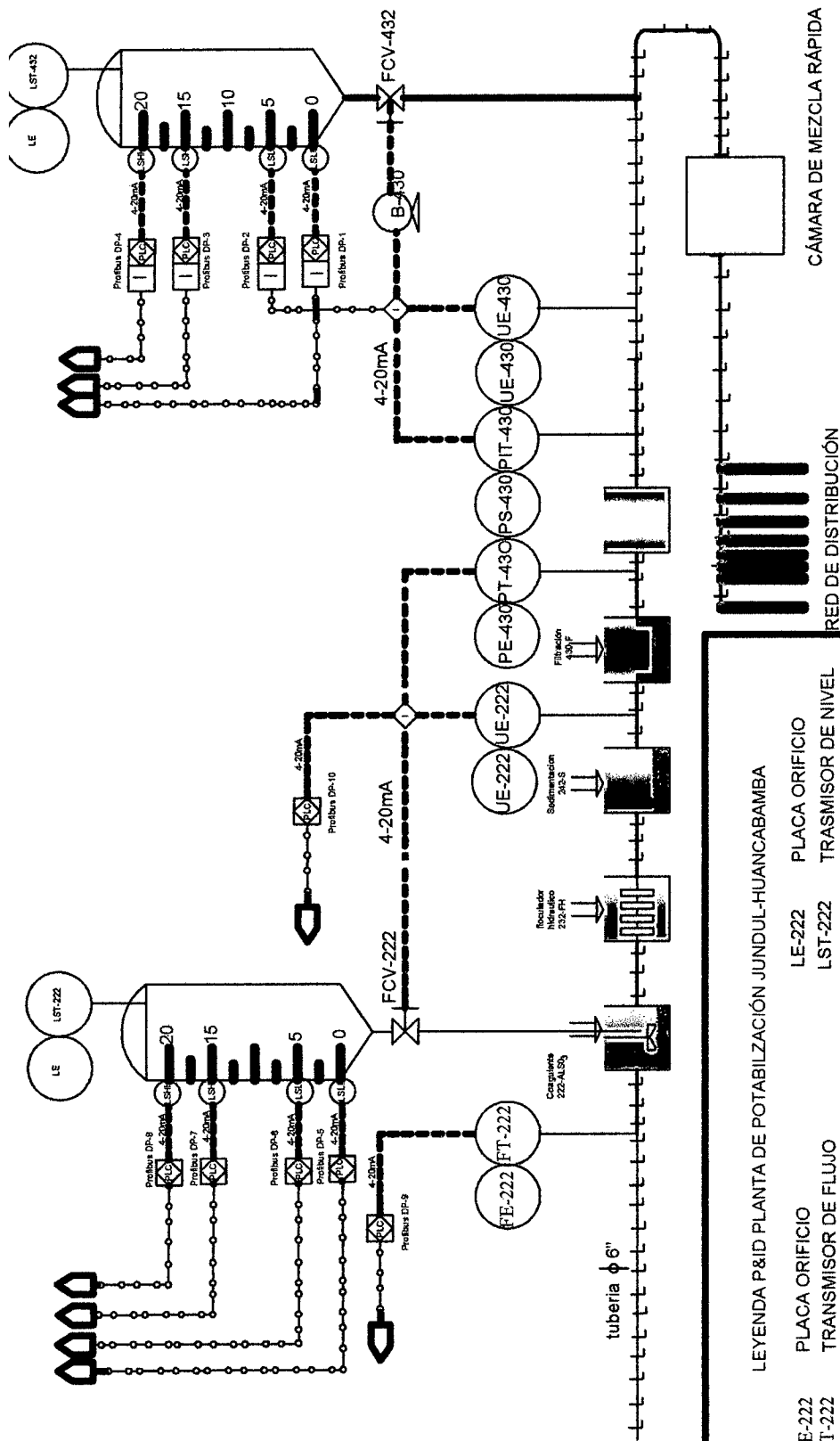


Fig. 3.1 Diagrama General Propuesto Planta de Jundul - Huancabamba para el Proceso de Captación y Potabilización del Agua

En la figura 3.1 se muestra las etapas propuestas para la potabilización del agua en la Planta de Tratamiento y Potabilización. El agua como se muestra en la figura, es captada de la catarata Chorro Blanco mediante tuberías de 16" de diámetro instaladas en el cauce del río a x kilómetros de la catarata. Después de la captación se propone de acuerdo a las normas de potabilización NORMA OS.020 la etapa de coagulación para la dosificación del aditivo necesario de coagulante con la finalidad de desestabilizar las micropartículas del agua. En la siguiente etapa que es la de floculación se encuentran los floculadores hidráulicos con la finalidad de aglomerar las micropartículas y darle mayor peso para la decantación en los sedimentadores que es la siguiente etapa. Después de los sedimentadores, la siguiente etapa es la de filtración donde se encuentran los filtros lentos de arena los cuales retienen las micropartículas más pequeñas. Finalmente tenemos la etapa de cloración donde se encuentra el dosificador de cloro que de acuerdo a la lectura de pH instalado en la etapa de filtración dosificará a la línea inyección en la tubería la cantidad calculada para la eliminación de los microorganismos restantes de las etapas mencionadas anteriormente.

3.1 DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACION P&ID



LEYENDA P&ID PLANTA DE POTABILIZACIÓN JUNDUL-HUANCABAMBA

FE-222	PLACA ORIFICIO	LE-222	PLACA ORIFICIO
FT-222	TRANSMISOR DE FLUJO	LST-222	TRANSMISOR DE NIVEL
UE-222	PLACA ORIFICIO	LST-432	TRANSMISOR DE NIVEL
UE-222	SENSOR DE TURBIDEZ	LSH-222	NIVEL MUY ALTO
UE-430	PLACA ORIFICIO	LSH-222	NIVEL ALTO
UE-430	SENSOR DE TURBIDEZ	LSL-222	NIVEL BAJO
PE-430	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	LSL-222	NIVEL MUY BAJO
PIT-430	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	LSH-432	NIVEL MUY ALTO
222-ALSO ₃	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION	LSH-432	NIVEL ALTO
232-FH	FLOCULADOR HIDRAULICO	LSL-432	NIVEL BAJO
242-S	SEDIMENTADOR	LSL-432	NIVEL MUY BAJO
430-F	FILTRO		
FCV-222	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO		
FCV-432	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO		
B-432	BOMBA DOSIFICADORA(PROFIBUS)		

LINEA ELECTRICA
 LINEA HIDRAULICA
 CONEXION A PROCESO
 CONEXION A RED

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS

Antes de empezar el dimensionamiento de los elementos que formarán parte de la planta en todas las etapas de producción de agua potable, se seccionará cada etapa asignándole un área específica tal como se muestra a continuación:

- Área 200 Etapa de Coagulación, Floculación y Sedimentación
 - Área 220 Etapa de Coagulación
 - Área 230 Etapa de Floculación
 - Área 240 Etapa de Sedimentación
- Área 400 Etapa de Filtración y Cloración
 - Área 420 Etapa de Filtración
 - Área 430 Etapa de Cloración
- Área 500 Etapa de Control y Supervisión
 - Área 520 Etapa de Control
 - Área 530 Etapa de Supervisión

3.2.1 ÁREA 200 COAGULACION, FLOCULACION Y SEDIMENTACION

Como ya se mencionó anteriormente, la captación de agua para la planta de tratamiento de agua Jundul proviene de la catarata chorro blanco Huancabamba la cual se encuentra aproximadamente a 15 km de la ciudad. Esta se transporta hasta los pre-sedimentadores (Área 200) de la planta de tratamiento Jundul por medio de tuberías PVC fierro de acero inoxidable de 160 milímetros o 6 pulgadas con un recorrido aproximadamente 15 km. En esta etapa muchos factores influyen en la producción de agua potable como son turbidez del agua y la dosis del coagulante necesario para la desestabilización de las partículas, para ello hemos considerado el dimensionamiento de sensores de turbidez de agua, sensores de medición de pH y dosificadores de coagulante.

3.2.1.1 AREA 220 COAGULACION

Se va a instalar un sensor de flujo de tipo ultrasónico (no invasivo) (FT – 222) para la medición del caudal presente en la tubería con la finalidad de medir la cantidad de aditivo coagulante ($AL_2(SO_4)_3$ - 222) para la desestabilización o aglomeración de las partículas. La cantidad de coagulante también depende de la turbidez del agua, cuyo valor es medido mediante el sensor de turbidez (UE-222) y que se encontrará ubicado después de la etapa de sedimentación. Los valores de turbidez deben estar en un rango menor 0-50 UNT.

3.2.1.2 AREA 230 FLOCULACION

El sistema actual cuenta con un canal de floculación de 17.8 metros.



Figura 3.3. Canal de floculación 17.8 mts

El floculador es el encargado de mezclar íntimamente el agua con los productos químicos (Área 220) y formar así los flóculos, que al cobrar tamaño y peso precipitarán al fondo del decantador (Área 240). En esta investigación utilizaremos floculadores hidráulicos (232-FH) debido a que la agitación del agua se da por la velocidad misma.

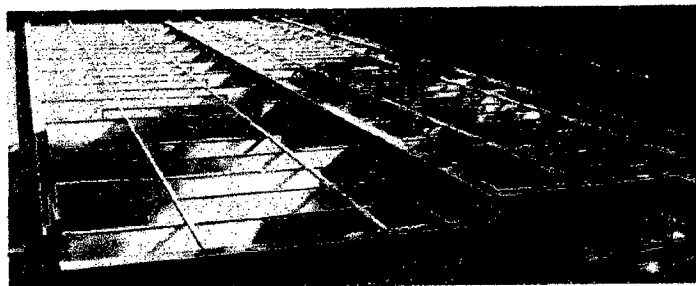


Figura 3.4. Floculador hidráulico

3.2.1.3 AREA 240 SEDIMENTACION.

Después que el agua ha pasado por las etapas de coagulación-floculación es conducida a estanques de decantación cuya finalidad es permitir la caída de partículas de impurezas transformadas en flóculos al fondo del estanque, se encuentra instalado un sensor de turbidez (UE_222) que medirá la turbidez del agua que ingresa a la planta con la finalidad de dosificar la cantidad de coagulante necesario para llevar este parámetro a los rangos establecidos para el tratamiento posterior del agua. Como se sabe, los sedimentadores actuales tienen una capacidad de $600m^3$ cada uno abasteciendo al pozo distribuidor de la ciudad.



Figura 3.5. Sedimentadores con capacidad de $600 m^3$

3.2.2 ÁREA 400 FILTRACION Y CLORACION

3.2.2.1 AREA 420 FILTRACION.

En esta etapa el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa, este material poroso es generalmente arena filtro (430-F)

3.2.2.2 AREA 430 CLORACIÓN.

En la figura 3.6 se muestra el sistema de actual de cloración.



Figura 3.6: Sistema actual de Cloración

Se va a instalar un sensor de flujo de tipo ultrasónico (no invasivo) FT – 430 para la medición del caudal presente en la etapa de filtración en la tubería con la finalidad de establecer la razón de la cantidad de cloro (Cl- 432) a inyectar en la tubería principal de agua. La cantidad de cloro también depende del pH de agua, cuyo valor se mide con el sensor de PH (UE-442). Se contará con una bomba de inyección de cloro (B-430). Todas las variables mencionadas en esta etapa que tienen incidencia en la dosificación de cloro para la potabilización del agua serán controladas mediante profibus dp PLC.

3.3 DIMENSIONAMIENTO DE SENSORES Y TRANSMISORES

3.3.1 Sensor de Turbidez (OPTISYSTUR 1050).

El sensor más recomendado para la medida de turbidez en Tratamiento y monitorización de la calidad de agua potable .combinado Análogo, estilo convertible.

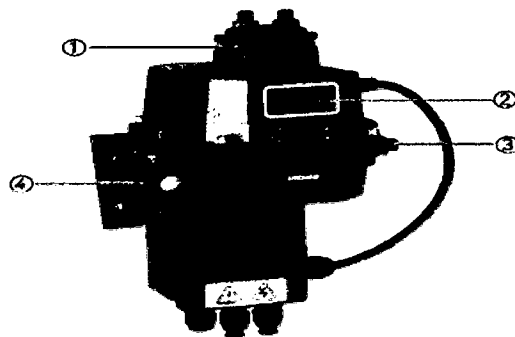


Figura 3.7. Sensor de turbidez OPTISYSTUR 1050

De acuerdo al diagrama que se muestra en la figura 3.6 se puede observar cuatro elementos de medición.

1. unidad de cubeta para muestra
2. Pantalla y unidad de mando
3. Toma de muestra
4. Entrada de muestra con regulador de presión

En la tabla 3.1 se indica las características técnicas más relevantes del sensor para realizar el diseño.

Rango de medición	0-100 NTU/FNU
salida de corriente	4-20 mA
Temperatura	1-50°C
Presión	0.07-14 bar
Alimentación	100 - 240VAC, 47 - 63 Hz
velocidad de flujo mínima	0.1L/min ó 0.026gal/min
velocidad de flujo máxima	1L/min ó 0.26gal/min
RS 485	interfaz modbus
caudal máximo de cubeta	0.1-1L/min ó 0.026-0.26gal/min
Alarmas	2 programables, 120-240 VCA, relé forma C 2ª
diámetro de cable(alimentación)	5,8 -10 mm ó 0,23 - 0,39".
Resolución	0.0001 NTU/FNU

Tabla 3.1. Características técnicas del sensor de Turbidez OPTISYSTUR 1050

Se debe tomar en cuenta el tipo de sensor que se dispone, se trata de un sensor analógico digital, si desea conectar este sensor a un controlador se realiza mediante RS-485 interfaz modbus de campo.

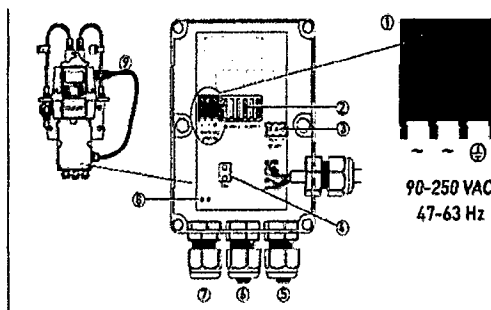


Figura 3.8. Conexión de los cables en la caja de terminales de campo.

Conexión de los cables se realiza en base a la siguiente tabla 3.2.

1	Borne alimentación
2	relé de alarmas
3	4 - 20 mA bloque de terminales / RS 485.
4	Cable de alimentación de alivio de tensión
5	4 - 20 mA / RS 485 mamparo cable
6	Mamparo cable de alarma
7	Mamparo del cable de alimentación.
8	Orificios para la correa de liberación de tensión.
9	Cable de interconexión del sensor.

Tabla 3.2 .Conexión del sensor de turbidez

3.3.2 Sensor de Turbiedad (1720E)

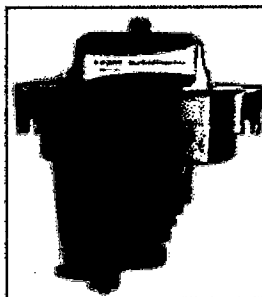


Figura 3.9 .Sensor de Turbiedad 1720E

Las características técnicas más relevantes del sensor de turbiedad son:

Rango de medida	0 – 100 NTU
Flujo de la muestra	250 a 750 mL/min
Temperatura de operación	0 a 70°C
Calibración	StablCal recomendado 20.00 NTU
	Formazina
	Calibración multi-sensor
Conexión de la muestra	Con tubo diámetro externo 1/4" con adaptador

Tabla 3.3 .Características Técnicas, Sensor de Turbiedad 1720E

3.3.3 Sensor pH (OPTISENS pH 8100).

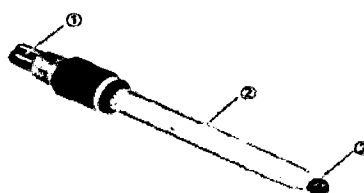


Figura 3.10. Sensor Optisens pH 8100

1. Conexión de proceso VP8.0
2. Eje de vidrio con electrodo de referencia integrado y llenado de gel de KCl
3. Electrodo de medida: vidrio H.

En la siguiente tabla 3.4 se indica las características técnicas más relevantes del sensor para realizar el diseño.

Tabla	Rango de mediada de PH	0-14 PH	3.4
	Cable	cable PH/ORP-W VP8.0	
	Conector	VP 8.0	
	conexión de proceso	PG 13.5	
	convertidor de señal	MAC 100	
	error máximo de medida	0.2	
	inmersión	SENSOFIT IMM 2000	
	longitud de cable	5m/16ft o 10m/32.8ft	
	máxima profundidad de inmersión y presión		
	métodos de calibración		
	paso caudal	SENSOFIT FLOW 1000	
	resolución	0.1	
	temperatura de almacenamiento		
	temperatura de operación	0-130°C	

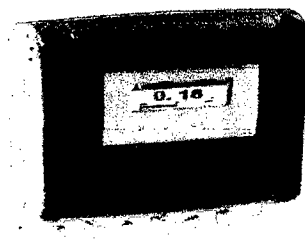


Figura 3.11. Convertidor de señal multiparámetro MAC 100.

Conexión del cable del sensor al convertidor de señal MAC 1000.

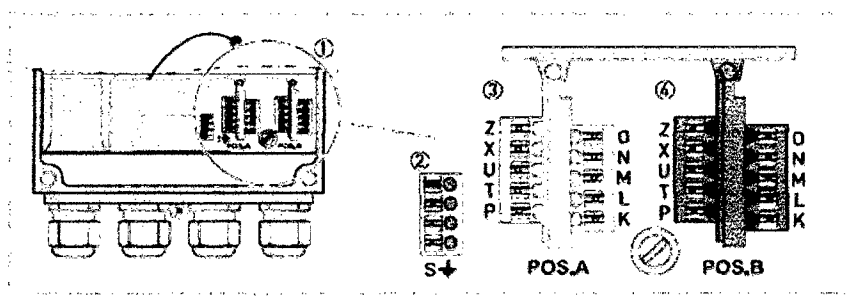


Figura 3.12. Terminales de conexión del sensor en el convertidor de señal, versión de dos canales con zócalos de terminales A+B.

1. Terminales de conexión del sensor
2. Zócalo de terminales S (protección de tierra)
3. Zócalo de terminales A: terminales para sensor y temperatura
4. Zócalo de terminales B: terminales para sensor y temperatura

Los sensores de pH están disponibles con o sin sensor de temperatura Pt100 integrado.

Los sensores sin sensor de temperatura Pt100 integrado se conectan al convertidor de señal mediante un cable coaxial. Los sensores con sensor de temperatura integrado utilizan un cable VP 8.0. Al pedir la versión de un canal, se completa únicamente el

zócalo de terminales "Pos.A". En la versión con dos canales, se completan los zócalos de terminales "Pos.A" y "Pos.B".

CONEXIONES ELECTRICAS.

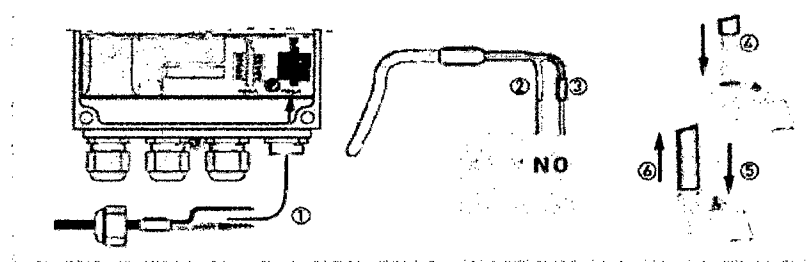


Figura 3.13. Conexión del cable del sensor

Las siguientes instrucciones describen la conexión de los diferentes cables del sensor

Conexión del cable del sensor al convertidor de señal.

- Introduzca el cable del sensor a través del prensaestopas exterior de la derecha 1.
- Empuje el blindaje coaxial (4) en el terminal N (2) y el núcleo coaxial en el terminal O (3).
- Para extraer un cable, presione el clip blanco (5) del terminal correspondiente y del cable (6).

Hilos	Zócalo de terminales POS. A/B
OPTISENS PH 8100	cable VP 8.0(con Pt 100/1000 integrado)
Blindaje coaxial interno(negro)	N (Ref.)
Núcleo coaxial (transparente)	O(PH)
Detección (conexión de 3 hilos Pt100/Pt1000)	U
Pt100(blanco)	P
Pt1000(verde)	X
blindaje exterior (verde-amarillo)	S

Tabla 3.5 .Terminales de conexión del sensor en el convertidor de señal, versión de dos canales con zócalos de terminales A+B.

3.3.4 SENSOR DE CLORO RESIDUAL, PH Y TEMPERATURA (CLF10SC)

El sensor **CLF10sc**. Tiene incorporado un sensor de pH diferencial y dentro de la sonda de pH un elemento de temperatura PT100 para medir la temperatura; es decir, se requiere solo una entrada en el controlador para la medida de los tres parámetros al mismo tiempo.

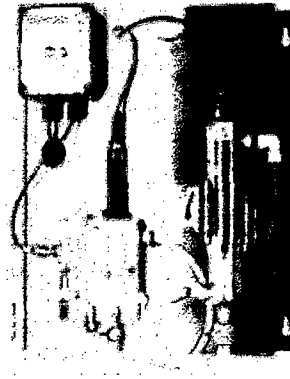


Figura 3.14. Sensor de Cloro Residual y pH Diferencial/Temperatura CLF10sc

Como se indicó anteriormente, se tiene dos sensores: uno de cloro residual y otro de pH Diferencial. Primero se tratará al sensor de Cloro Residual.

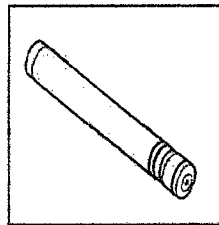


Figura 3.15. Sensor de Cloro Residual.

En la siguiente tabla 3.6 se muestra las características técnicas de la sonda de cloro residual.

Rango de medida	0 – 10 ppm (mg/L)
Rango de funcionamiento de Ph	4 a 9 unidades de pH
Límite de presión	0,5 bares, sin golpes de presión ni vibraciones
Caudal	30 a 50 l/h (7,9 a 13,2 GPH)
	Óptimo: 40l/h (10,5 GPH)
Calibración	Calibrado en uno o dos puntos (cero y pendiente)
Temperatura de la muestra	5 a 45°C
Conexión de la muestra	Con tubo diámetro externo 1/4", con conector rápido

Tabla 3.6. Características técnicas, Sensor de Cloro Residual (CLF10SC)

En segundo lugar se observará las principales características del sensor de pH

Diferencial/Temperatura.

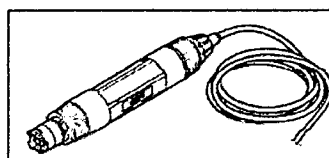


Figura 3.16. Sensor de pH Diferencial.

De la misma manera, a continuación se muestra las características técnicas de la

Sonda de pH.

Rango de medida	2,5 a 12,5 pH
Temperatura	-5 a 95°C
Presión/profundidad de inmersión máxima	6,9 bares a 105°C
Calibración	Calibración de dos puntos inicial con 2 buffers y la opción de utilizar la calibración de 1 ó 2 puntos (pendiente) con muestras o buffers
Conexión de la muestra	Con tubo diámetro externo 1/4", con conector rápido

Tabla 3.7. Características Técnicas, Sensor de pH Diferencial/Temperatura.

3.3.5 Caudalímetro Ultrasónico OPTISONIC 6300

OPTISONIC 6000 + UFC 300 = OPTISONIC 6300.

Convertidor de señal ultrasónico UFC 300.

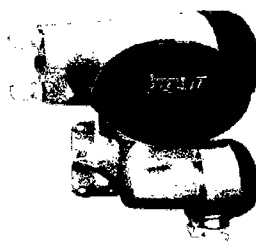


Figura 3.17. Convertidor de señal UFC 300 F

sistema de medida	tiempo de transito ultrasónico
convertidor de señal	UFC 300 F
pantalla gráfica	LCD iluminada
Temperatura	20°C ó 68°F
error máximo	1% del valor medido
temperatura de proceso	(-)40°C - 120°C
grosor de tubería	< 200 mm / 7,87"
espesor del recubrimiento	< 20 mm / 0,79"
velocidad del caudal	0,5-20 m/S
Tensión	100-230 VAC, 50/60 Hz
Consumo	AC=22VA, DC=12W
cable de señal	Doble protección, 2 triax internos
programación sin hart(comunicación)	Q = 0%, 0-20 mA; Q = 100%: 10-21,5 mA
programación con hart(comunicación)	Q = 0%, 4-20 mA; Q = 100%: 10-21,5 mA

Tabla 3.8. Características técnicas Caudalímetro Ultrasónico OPTISONIC 6300

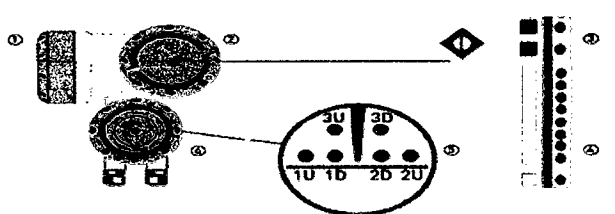


Figura 3.18. Construcción del UFC 300 F (campo)

1. Cubierta, compartimento de la electrónica
2. Cubierta, caja de los terminales de la alimentación eléctrica y de las entradas/salidas
3. Cubierta, caja de terminales del sensor
4. Entrada del cable de alimentación
5. Entrada de cables de entradas/salidas
6. Entrada del cable del sensor

Conexiones eléctricas

100-230 VAC (-15% / +10%)

- Conecte el conductor de tierra de protección PE de los suministros de alimentación principales a la terminal separada en el compartimento de terminales del convertidor de señal.
- Conecte el conductor bajo tensión al terminal L y el conductor neutro al terminal N.

24 VAC/DC (-15% / +10%)

- *Por razones relacionadas con el proceso de medida, debe conectar una tierra funcional FE a la terminal separada U-clamp en el compartimento de terminales del convertidor de señal.*
- Cuando se conecte a tensiones funcionales muy bajas, proporcione un servicio para la separación de protección (PELV) (VDE 0100 / VDE 0106 y / o IEC 364 / IEC 536 o reglamentación nacional pertinente).

3.3.6 Sensor de Nivel (KELLER SERIE 36 XW).

El sensor más recomendado para la medida de nivel de cloro en Tratamiento y monitorización de la calidad de agua potable.



Figura 3.19. Sensor Keller Serie 36 X W

Las características técnicas más relevantes del sensor de nivel son:

Salida de analógica	4-20 mA dos cables blanco y negro
Salida de digital	0-10V 3 cables blanco ,negro y rojo
Alimentación eléctrica	0-28 Vcc
Programación	RS485 A(Cable azul) y RS485B(cable amarillo)
Resistencia de carga(ohmios)	$<(U-7V)/0.02^a$
Índice de protección	IP 68

Tabla 3.9: Características técnicas, Sensor de nivel KELLER (SERIE 36XW).

3.3.7 VÁLVULA DE SOLENOIDE PARA AGUA POTABLE. En el caso de Agua potable, se utilizará una válvula de solenoide de 1/4" NC, de la misma manera será activada por un relé, bajo un comando del PLC, tomando en cuenta la selección que realice el operador en la HMI.

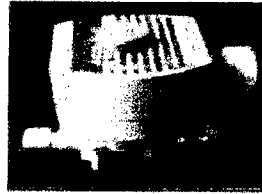


Figura 3.20. Válvula de Solenoide de ¼" para Agua potable

Las características más relevantes de la válvula de solenoide para el diseño son.

Presión de agua	200 PSI máximo
Diámetro de tubería	¼"
Alimentación eléctrica	110Vac/60Hz
Potencia	10.1 W
Corriente de entrada	100

Tabla 3.10. Características Técnicas de la Válvula de Solenoide

3.3.8 VÁLVULA PROPORCIONAL VP10. El control proporcional es esencial cuando se necesita flexibilidad para controlar la presión o caudal de salida en una aplicación.

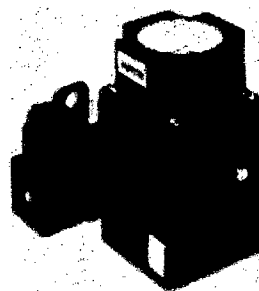


Figura 3.21. Válvula proporcional VP10 (G 1/4).

Las características más relevantes de la válvula proporcional VP10 para el diseño son.

Presión de agua	0.2-8 bar
Diámetro de tubería	¼"
Alimentación eléctrica	24 Vcc
Potencia	1 W
Corriente de entrada	4-20 mA
Caudal	Hasta 550 N l/min

Tabla 3.11. Características Técnicas de la Válvula proporcional VP10 (G 1/4).

3.3.9 BOMBA QDO 30 PROFIBUS

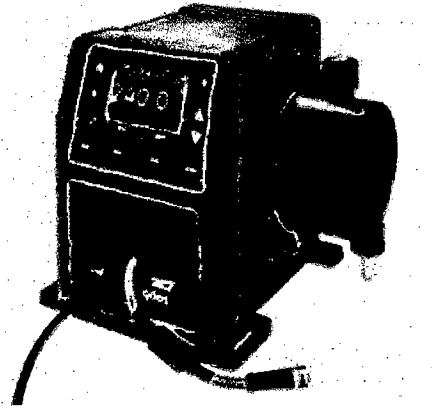


Figura 3.22. Bomba QDO 30 Profibus

- Caudales de 0.1 a 500 ml/min a 7 bares (100 psi) de presión cuadrática media (RMS).
- El cabezal ReNu proporciona un caudal preciso, lineal y repetible.
- La recuperación de fluido garantiza la seguridad del operario y evita el desperdicio de productos químicos.
- Control de flujo 5000:1 con una precisión de $\pm 1\%$
- Función manual y PROFIBUS
- PROFIBUS DP V0 permite la comunicación en tiempo real con información de diagnóstico
- Velocidad bus 9.6 kb/s hasta 1.500 kb/s
- Pantalla TFT a colores de 3.5 pulgadas (88.9 mm) que proporciona información sobre la bomba mediante colores, iconos, gráficos y texto
- No necesita válvulas ni equipo auxiliar

3.3.10 Controlador Lógico Programable (PLC).

La selección del PLC se debe seleccionar en base al número de entradas y salidas que se requiere para el funcionamiento del módulo portátil, resumiendo, se requiere un PLC con 8 entradas digitales y 1 salida digital ,4 entradas analógicas y 3 salidas analógicas.

Tipo relé, adicionalmente un puerto de comunicación RS485 para comunicación MODBUS RTU. Con la HMI y mediante MODBUS RTU/RS-485 se controlara la apertura y cierre de las válvulas, como encender y apagar la bomba.

3.3.11 PLC CP1-L14DR-A (OMRON)

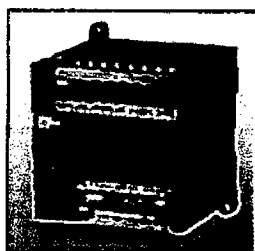


Figura 3.23. CP1-L14DR-A de la marca OMRON.

Alimentación eléctrica	100-200VAC/60Hz
Potencia	30VA max
Periféricos	8 entradas y 6 salidas tipo relé
Pórtico de programación	USB
Módulos de expansión	Máximo 1
Capacidad de programa	5k pasos
Capacidad de datos de memoria	10k pasos
Velocidad de ejecución lógica	0,55us
Puerto de comunicación adicional	RS-485/MODBUS

Tabla 3.12. Características técnicas del PLC CP1-L14DR-A.

3.3.12 PLC SIEMENS S7-400. Cumplen con las siguientes características para las necesidades del desarrollo del proyecto.

3.3.12.1 S7-400(SIMATIC). Es ideal para tareas de muchos datos de la industria de procesos; la gran velocidad de procesamiento y los tiempos de reacción determinísticos reducen los tiempos de ciclo de los sistemas de la industria de potabilización de agua.

- El S7-400 se utiliza preferentemente para coordinar instalaciones completas y para controlar las líneas de comunicación subordinadas con estaciones esclavas; de ello se ocupan las interfaces integradas y la gran capacidad de comunicación.
- Las prestaciones del S7-400 se pueden ampliar gracias a una gama escalonada de CPU; la capacidad para periferia de E/S es prácticamente ilimitada.
- El S7-400 se puede configurar de forma modular, sin necesidad de observar ninguna regla de asignación de slots; hay una amplia gama de módulos disponibles, tanto para estructuras centralizadas como para estructuras descentralizadas.
- La configuración de la periferia descentralizada del S7-400 puede modificarse durante el funcionamiento. Además, es posible insertar y extraer los módulos de señales bajo tensión (hot swapping). De esta forma resulta muy sencillo realizar ampliaciones de la instalación o cambios de módulos en caso de error.
- El almacenamiento de todos los datos del proyecto, incluidos símbolos y comentarios, en la CPU facilita y simplifica las labores de mantenimiento y servicio técnico.
- En un S7-400 se pueden integrar funciones de seguridad y automatización estándar; la disponibilidad de la instalación se puede mejorar usando un S7-400 con configuración redundante.

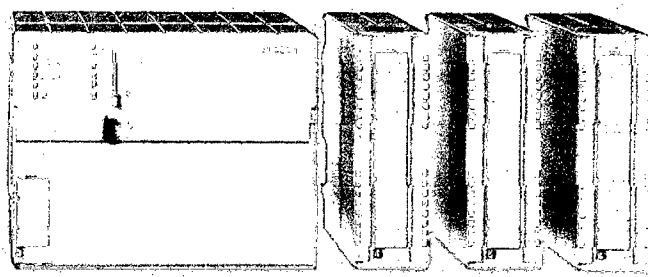


Figura 3.24. CPU S7-400.

3.3.12.2 S7-400 MODELOS CPU 41X (Tabla 3.13.)

Datos Técnicos	MEMORIA DE TRABAJO			MasterDP		EsclavosDP
CPU	INTEGRADA	TPO EJEC	DIRECC I/O	IM467	CP443-5 EXT	
CPU 412-1	144KB/144KB	100ms	4KB/4KB	4 MAX	10 MAX	32 MAX
CPU 412-2	256 KB/256 KB	100ms	4KB/4KB	4 MAX	10 MAX	64 MAX
CPU 412-2 DP	0,5 MB/0,5 MB	100ms	4KB/4KB	4 MAX	10 MAX	32 MAX
CPU 414-2	512 KB/512 KB	70ms	8 KB/8 KB	4 MAX	10 MAX	96 MAX
CPU 414-3	1,4 MB/1,4 MB	70ms	8 KB/8 KB	4 MAX	10 MAX	96 MAX
CPU 414-3 PN/DP	2,0 MB/2,0 MB	70ms	8 KB/8 KB	4 MAX	10 MAX	32 MAX

Tabla 3. 13. Modelos de CPU 41X

El CPU elegido es el modelo CPU 412-2 DP debido a que tiene interface profibus para la comunicación en red profibus.

3.3.13 Periferia Distribuida ET200S

El ET 200S es un sistema de periferia descentralizada altamente escalable y flexible que permite conectar las señales del proceso a un controlador central a través de un bus de campo. El ET 200S soporta los buses de campo PROFIBUS DP y PROFINET IO. El ET 200S tiene el grado de protección IP 20. El sistema de periferia descentralizada ET 200S se conecta a PROFIBUS DP mediante un conector para PROFIBUS DP al módulo de interfaz IM151-1. Se conecta a PROFINET IO mediante un conector para PROFINET IO al módulo de interfaz IM151-3. Cada sistema de periferia descentralizada ET 200S es un esclavo DP en PROFIBUS DP o dispositivo IO en PROFINET IO.

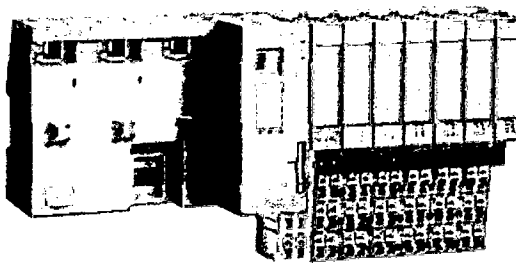


Figura 3.25. Módulo IO de periferia distribuida ET200S

3.4 RED DE CONTROL DISTRIBUIDO

3.4.1 PROTOCOLO DE COMUNICACIONES.

La red del sistema de automatización del proceso incluye las estaciones de Operación (OWS), Estaciones de Ingeniería (EWS), Servidores (CAS y DAS), Impresoras, Unidades remotas y otros Controladores. Los protocolos de comunicación serán usados para establecer una comunicación bidireccional (Master-Slave mediante PROFIBUS-DP y Cliente-Servidor ETHERNET) entre los sistemas de los diferentes equipos de control presentes en la planta. La red de control del sistema (PAS – Process Automation System) es una red redundante que consistirá de una topología en anillo usando el protocolo de comunicación Ethernet TCP/IP. El protocolo de comunicación a ser usado en el sistema de control de las áreas 200, 400 y 500 será Profibus DP.

3.4.1.1 Protocolo Industrial Ethernet

Industrial Ethernet para soluciones eficientes de automatización en el ámbito industrial, dispone de una potente red de área y célula según el estándar IEEE 802.3 (medios guiados, cable UTP y F.O) y 802.11 (Wireless).

Ethernet posee características importantes que pueden aportar ventajas esenciales.

- Puesta en marcha rápida gracias a un sistema de conexión extremadamente simple.
- Alta disponibilidad; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efecto negativos.
- Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado.

- Interconexión de las áreas ya descritas para el proyecto como: Estaciones de Operación (OWS), Estaciones de Ingeniería (EWS), Servidores (CAS y DAS), Impresoras, Unidades remotas y otros Controladores.
- Comunicación a escala corporativa debido al acoplamiento por WAN (nivel de gestión y toma de decisiones).

3.4.1.1.1 Componentes de red pasivos

El cableado estructurado según ISO IEC 11.801/EN 50.173 describe un tipo de cableado, que es independiente de la aplicación. Los cables Fast Connect se pueden conectar in situ, de forma especialmente rápida y sencilla lo que permite utilizar la técnica de cableado RJ45 como estándar actual para modelos aptos para la automatización. Entre los componentes tenemos:

- Cable, CAT5 PLUS.

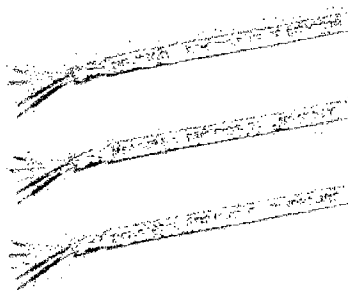


Figura 3.26. Cable profibus

- Herramientas pelacables, FC Stripping.



Figura 3.27. Herramientas profibus

- Conectores RJ45.

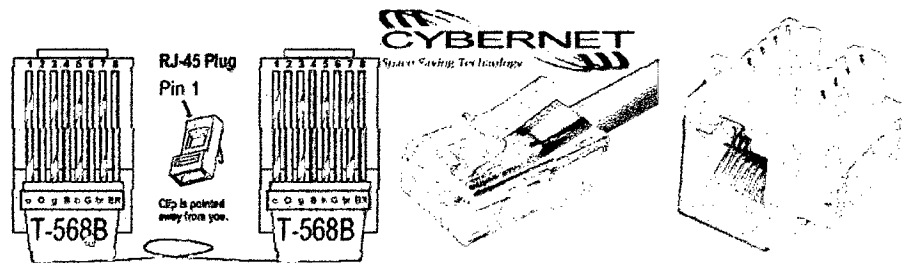


Figura 3.28. Conectores RJ45.

3.4.1.1.2 Componentes de red activos.

Switch Industrial Ethernet el cual tiene las siguientes funciones:

- Según el número de puertos disponibles, puede conectar simultáneamente varios pares de subredes o estaciones.
- Mediante el filtrado del tráfico de datos en base a la dirección Ethernet (MAC).
- De los equipos terminales, el tráfico de datos local permanece a dicho nivel, el Switch sólo retransmite los datos a otra sub red.

Switch Scalance X es un switch industrial Ethernet de Simatic Net. La gama Scalance X se compone de 4 líneas de productos coordinadas entre si y adaptadas a la correspondiente tarea de automatización

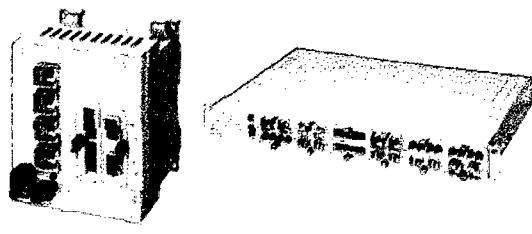


Figura 3.29. Switch Ethernet SIEMENS

Tarjetas de Comunicación Ethernet, son aquellas tarjetas básicas para la comunicación de cada uno de los PLC's SIEMENS y son CP243-1 para S7-200, CP343-1 para S7-300 y CP443-1 para S7-400.

En el dimensionamiento de la arquitectura de control se eligió el modelo S7-400. Por lo tanto, para el módulo CP443-1 estas son sus características:

- Permite conectar el S7-400 a una red industrial Ethernet.
- Realiza la integración directa del S7-400 a través de IE a 100 Mbps.
- El Switch integrado con puertos RJ45 integra al S7-400 a la red industrial Ethernet.
- El módulo CP443-1 tiene la funcionalidad de diagnóstico por web que permite acceder a la altura de los datos de las estaciones en red.

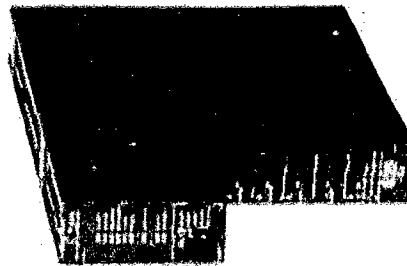


Figura 3.30. Módulo Ethernet CP443-1

3.4.1.2 Protocolo de red Profibus DP

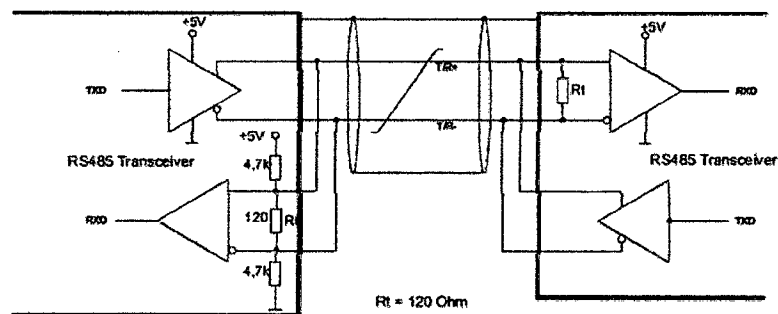
El protocolo Profibus fue creado bajo la norma estándar EN50170 e IEC61158. Profibus es uno de los buses con mayor implantación a nivel industrial y ha sido desarrollado sobre la base del modelo ISO/OSI para servicios de comunicación de datos.

Profibus DP (Periferia Distribuida), su aplicación está basada en el intercambio a gran velocidad de un volumen medio de información entre un controlador (maestro) y diferentes controladores o periféricos (PLC's, módulo de I/O) que actúan como dispositivos esclavos, distribuidos por el proceso y conectados a una misma red de comunicación. Profibus DP trabaja dentro de los niveles 1 y 2 del modelo OSI y bajo las especificaciones de la norma física RS485.

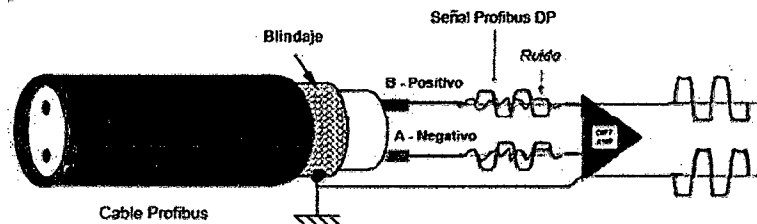
La red eléctrica o de cobre utiliza un cable bifilar trenzado y apantallado (STP). El puerto RS485 trabaja con diferencias de tensión (balanceado). Por tanto, es más

inmune a perturbaciones que una interfaz que trabaja con niveles de tensión o corriente.

En la figura 3.30a se muestra la conexión eléctrica por cable entre un nodo maestro y un nodo esclavo. En el nodo maestro se muestra la resistencia terminal conectada debido a que es un nodo de inicio, a diferencia del nodo esclavo que solamente presenta la resistencia de línea de acuerdo a la norma RS485. En la figura 3.30b se muestra la señal diferencial de la línea de comunicación en la cual se ha montado la señal de ruido pero que al pasar por el receptor RS485 el ruido ha sido eliminado, esto debido a su transmisión de tipo balanceado.



a) Interconexión de dos nodos de la red RS485



b) Señal diferencial de tensión en cable profibus

En Profibus DP, las estaciones se conectan al bus a través de un terminal o un conector de bus (máx. 32 estaciones por segmento). La red de cobre puede configurarse con estructura de bus o arborescente (Ver figura 3.31). Los diferentes segmentos se unen entre sí mediante repetidores. La velocidad de transferencia puede ajustarse escalonadamente de 9,6kbits/s a 12Mbits/s según IEC 61158/61784. La longitud máxima de los segmentos depende de la velocidad de transferencia. (Ver figura 3.31)

Maximum number of stations participating in the exchange of user data	DP: 126 (addresses from 0 .. 125) FMS: 127 (addresses from 0 .. 126)
Maximum number of stations per segment including repeaters	32
Available data transfer rates in kbit/s	9.6, 19.2, 45.45, 93.75, 187.5, 500, 1500, 3000, 6000, 12000
Max. number of segments in series	According to EN 50170, a maximum of 4 repeaters are allowed between any two stations. Dependent on the repeater type and manufacturer, more than 4 repeaters are allowed in some cases. Refer to the manufacturer's technical specification for details.

Data transfer rate in kbit/s	9.6	19.2	45.45	93.75	187.5	500	1500	3000	6000	12 000
Max. segment length in m	1200	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100

Figura 3.33. Características de transmisión RS-485

3.4.1.3 Segmentación de la Red Profibus

Tal como se muestra en la figura 3.32, la interconexión de nodos en una red Profibus se establece por segmentos y éstos están unidos por repetidores (R). Cada segmento consta de resistencias terminales tanto el inicio como al final del segmento, por ejemplo en el segmento 1 la resistencia terminal de inicio está en el maestro (M) y la resistencia terminal final en el esclavo (S).

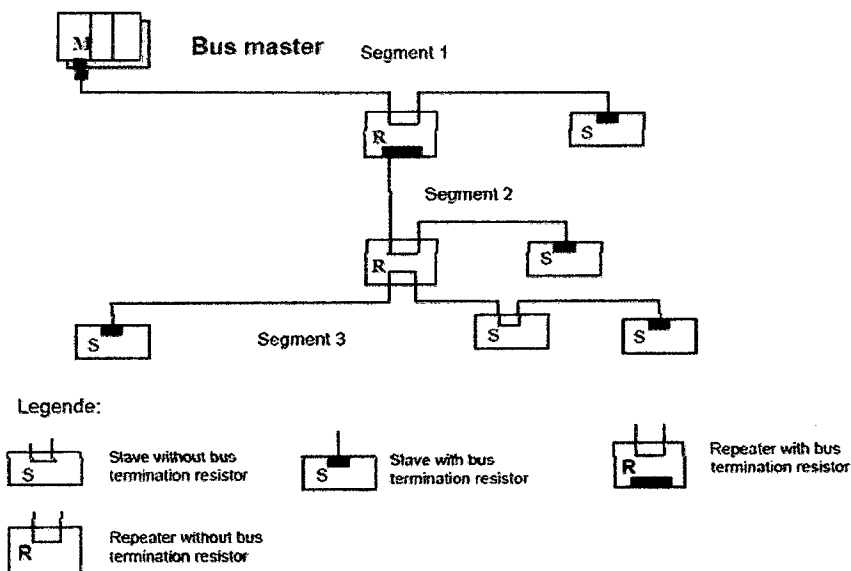


Figura 3.34. Segmentación de una instalación PROFIBUS usando repetidores.

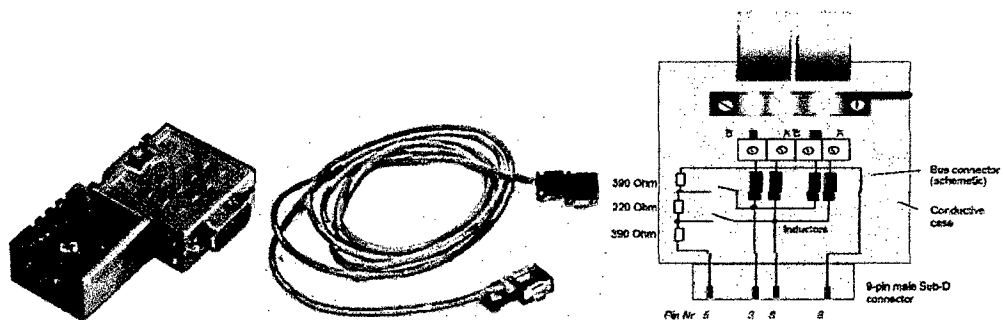


Figura 3.35. Conector y cable Profibus DP

3.4.1.4 Módulos de Comunicación Profibus DP CPU 412-2

El procesador de comunicaciones CPU 412-2 Extended está previsto para funcionar en un sistema de automatización SIMATIC S7-400. El CPU 412-2 Extended permite conectar el S7-400 a un sistema de bus de campo PROFIBUS.

El CPU 412-2 Extended en su configuración Profibus DP tiene las siguientes características.

- Maestro DP clase 1
- Comunicación directa (esclavo DP a esclavo DP)
- Como maestro DP, el CP 412-2 Extended es capaz de permitir la comunicación directa entre "sus" esclavos DP.
- Modo DP seleccionable entre las siguientes alternativas:

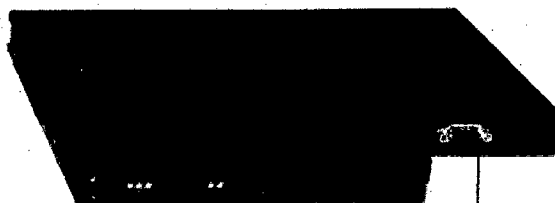


Figura 3.36. Profibus DP CP412-2

3.4.1.5 Tabla Comparativa Industrial Ethernet y Profibus

	PROFIBUS	ETHERNET
Norma	EN 50170	IEEE 802-3
Velocidad de transmisión	9,6 Kbits/seg ÷ 12 Mb/seg	10 Mb/seg ÷ 100Mb/seg
Nº de equipos	127 estaciones (32 activas)	1024 estaciones
Medio físico	2 hilos apantallado, o fibra óptica de vidrio o plástico (Cable morado)	Cable coaxial o par trenzado industrial (ITP) o fibra óptica de vidrio (Cable verde)
Extensión de la red	10 km aprox. (medio eléctrico) 100 km (fibra óptica)	Depende de muchos factores
Método de acceso al bus (Protocolo)	Profibus DP: Maestro/Esclavo FDL: Paso de testigo	CSMA/CD

Tabla 3.14. Tabla Comparativa Industrial Ethernet y Profibus

CAPITULO IV: CONFIGURACIÓN DE LA RED PROFIBUS

Para la configuración de la periferia descentralizada ET200S se requiere del software SEPT7-SIMATIC 400 de la marcaSIEMENS.

4.1 CONFIGURACION DE LA RED DE CONTROL

Para realizar el control del proceso de potabilización de agua en la Planta Jundul – Huancabamba, se ha considerado utilizar un sistema de periferia descentralizada donde el cerebro del sistema de automatización es el controlador de procesos de la marca Siemens modelo S7-400 con el CPU 412-2 DP para el cual se necesita contar con el software de configuración Administrador Simatic S7. En la figura 4.1 se muestra los tres elementos principales de la red de control y que tienen las siguientes funciones:

4.1.1 CONTROLADOR S7-400

El controlador Maestro DP es el elemento de unión entre la CPU de control y el sistema de periferia descentralizada ET 200S. El Maestro DP se encargara del intercambio de información vía PROFIBUS DP con el sistema de periferia descentralizada ET 200S y además supervisa la red PROFIBUS DP. El Maestro DP contiene el programa y los lazos de control para el proceso de potabilización del agua. Se eligió el modelo CPU 412-2 DP el cual contiene un puerto PROFIBUS DP para la comunicación hacia la periferia descentralizada ET-200S, además cuenta con dos puertos ETHERNET para la comunicación mediante protocolo PROFINET hacia una red de control remota.

4.1.2 PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET 200S

El sistema de periferia descentralizada se le denomina Esclavo DP es el encargado de preparar los datos de los sensores y actuadores a pie de proceso para que puedan

transmitirse a la CPU de control a través de PROFIBUS DP. Considerando que las entradas y salidas del proceso están a una distancia considerable del sistema de automatización es que se optó por contar con un sistema de periferia descentralizada ET 200S, esto debido a que tendría que necesitarse un largo tendido de cable, por lo que para las tareas de mantenimiento a la larga sería complicado además considerando que el cableado se puede ver afectado por las interferencias electromagnéticas.

El sistema de periferia descentralizada se conecta ET 200S se conecta a PROFIBUS mediante un conector para PROFIBUS DP al módulo de interfaz IM151-1 tal como se muestra en la figura 4.1.

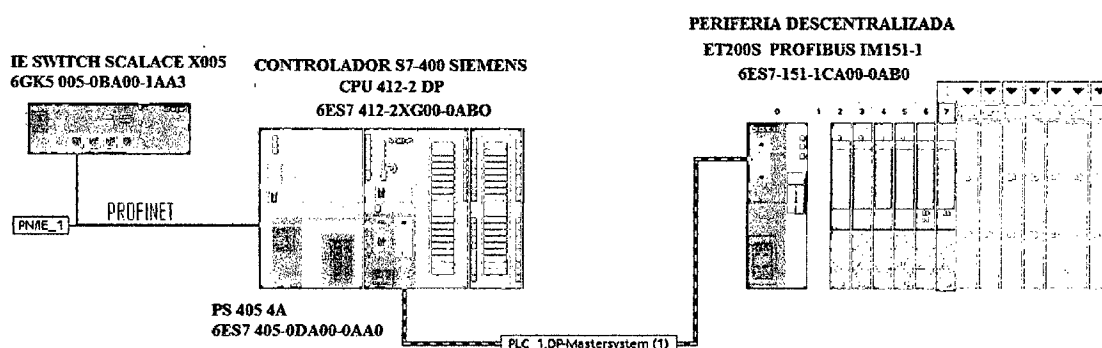


Figura 4.1: Configuración de la red de Control

4.2 CREACION DEL PROYECTO EN EL STEP7

4.2.1 Configuración del Controlador Maestro DP

Para configurar los dispositivos del Sistema de Automatización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jundul – Huancabamba, hacemos uso del software STEP7 Proffessional de la marca SIEMENS. Para ello ejecutamos el Administrador SIMATIC, elegimos

Archivo y creamos un nuevo proyecto, al cual lo denominaremos Scadal, tal como se muestra en la figura 4.2

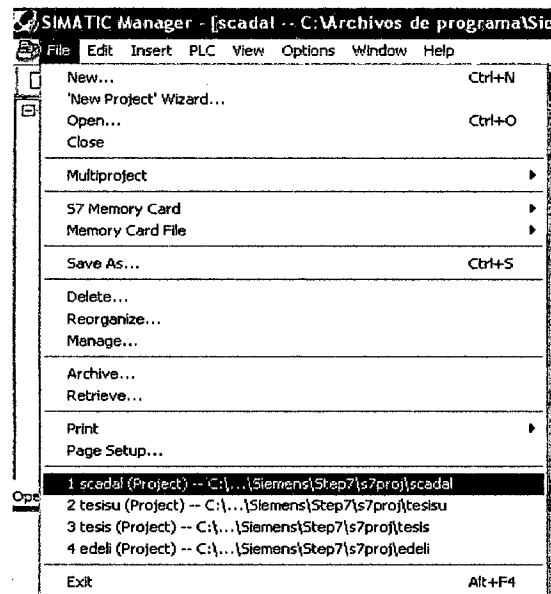


Figura 4.2: Simatic Creando nuevo Proyecto

El siguiente paso es insertar un nuevo objeto para la configuración del controlador, por lo que seleccionamos nuevo objeto S7-400, de acuerdo a las especificaciones del controlador del proyecto.

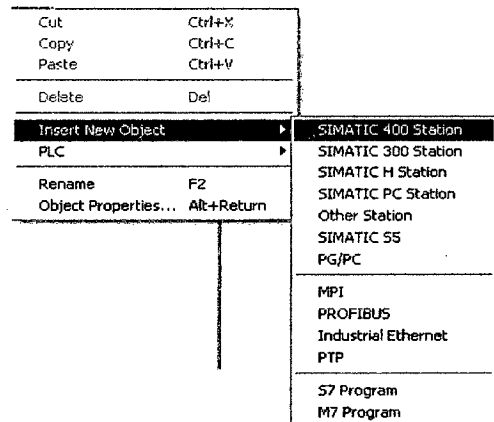


Figura 4.3: Insertando objeto S7-400

En la opción de Hardware elegimos el bastidor y los elementos del controlador, como la fuente PS 405 – 4A, CPU 443-1 TCP para la comunicación ETHERNET y el CPU 412-2 DP que actuará como Maestro en la red de control y que cuenta con un puerto PROFIBUS para poder conectarse luego a un dispositivo esclavo ET200S, de acuerdo a la serie en función a los dispositivos que se conectarán a ella. Hay que tener en cuenta que primero se elige el tipo de soporte donde se emplazarán los distintos elementos para el control de la planta (Bastidor).

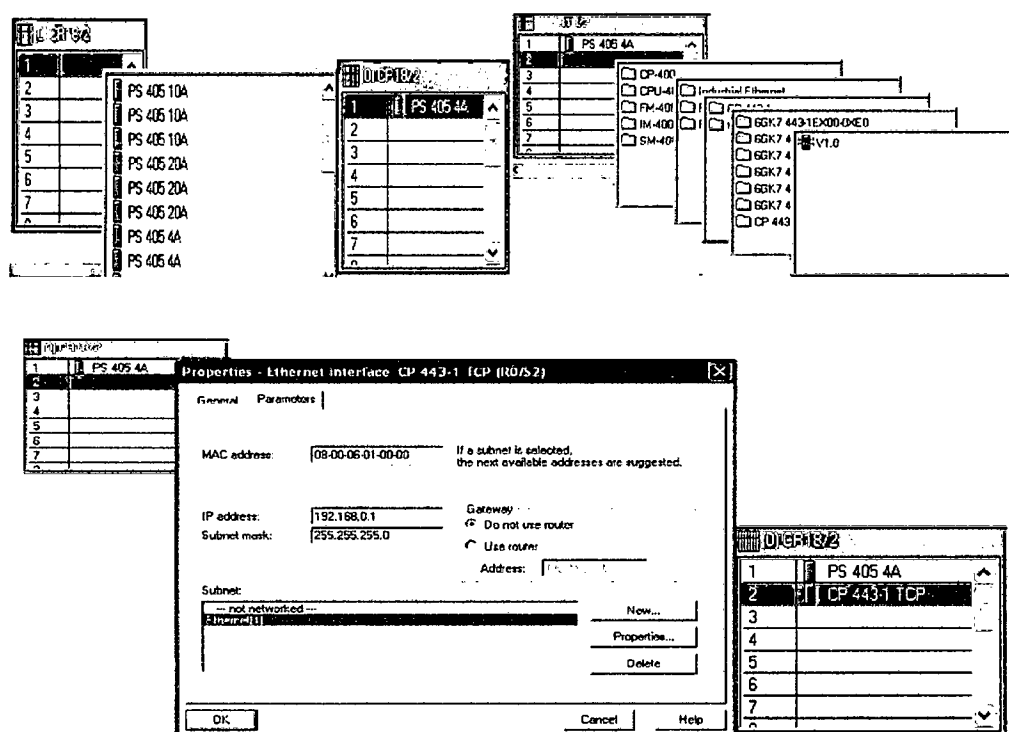


Figura 4.4: Ingresando elementos al bastidor

Ahora configuramos el tipo de red industrial y elegimos PROFIBUS DP con una velocidad de 1.5Mbps/s por ser una red local. En caso de ampliación se configura la velocidad entre el maestro y los esclavos conectados a la red de control.

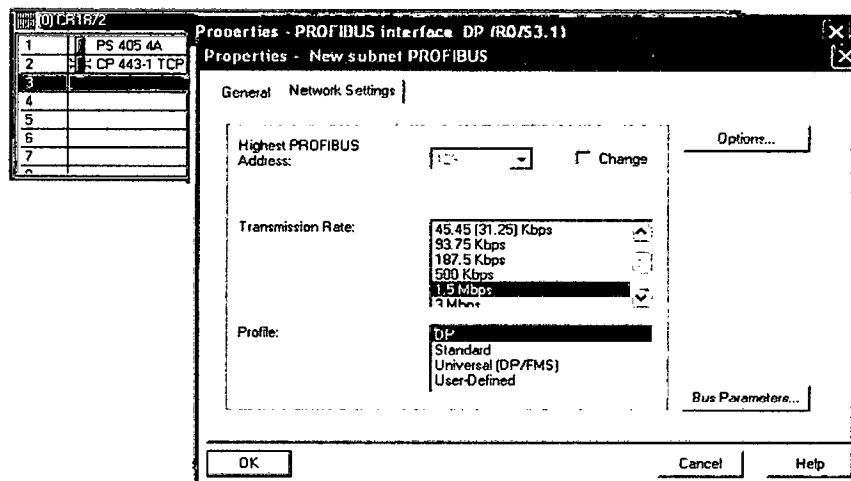


Figura 4.5: Profibus DP con velocidad de 1.5 Mbps

El controlador queda configurado de la siguiente manera:

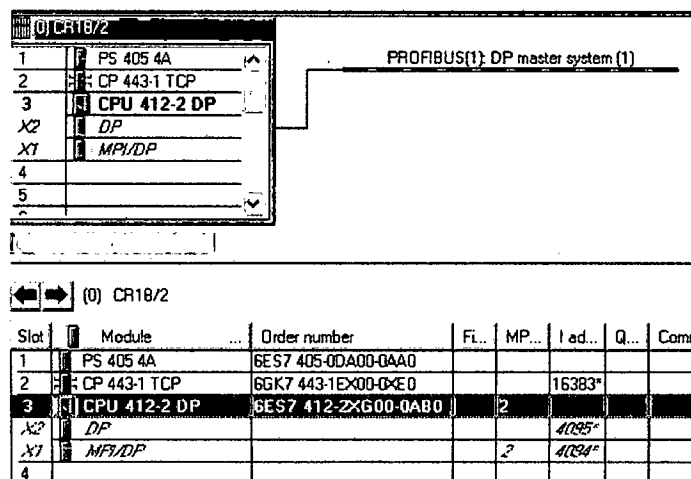


Figura 4.6: Configuración de la red profibus

4.2.2 Configuración del Esclavo DP

El siguiente paso es insertar el módulo ET200S como esclavo de la red DP que se acaba de configurar. Mediante el Catalogo Profibus-DP, buscar la ET200S con la misma referencia del equipo, en nuestro caso 6ES7 412-2XG00-0AB0 (figura 4.6).

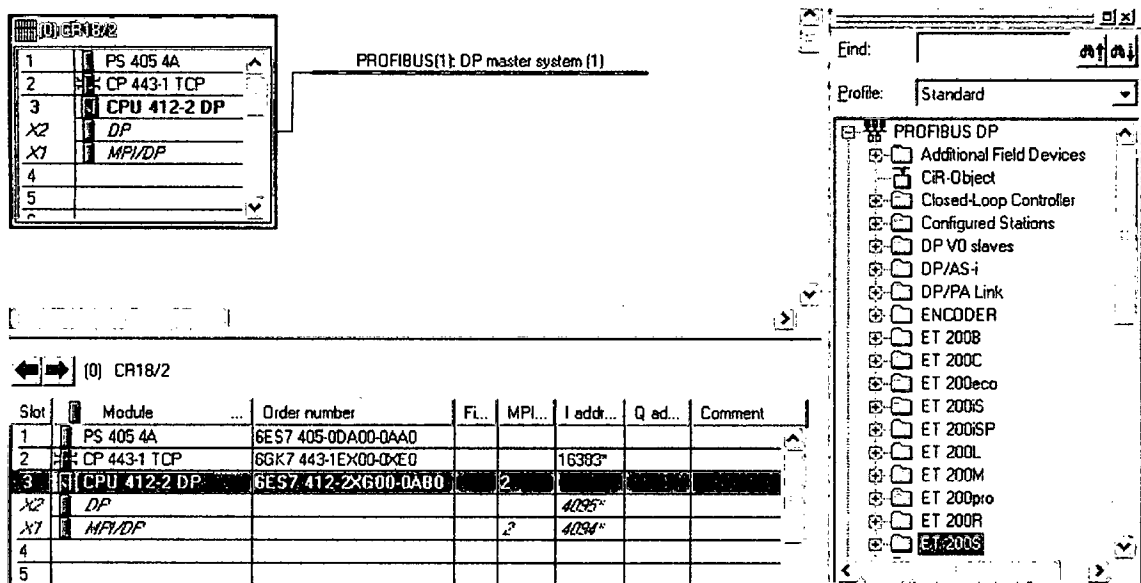


Figura 4.7: Catalogo Profibus DP ET200S

Una vez seleccionado, arrastrarlo con el ratón hasta engancharlo a la red profibus –DP configurada, justo al momento de conectarlo a la red, aparece la ventana de configuración de este equipo a la red (figura 4.7), en donde configuraremos.

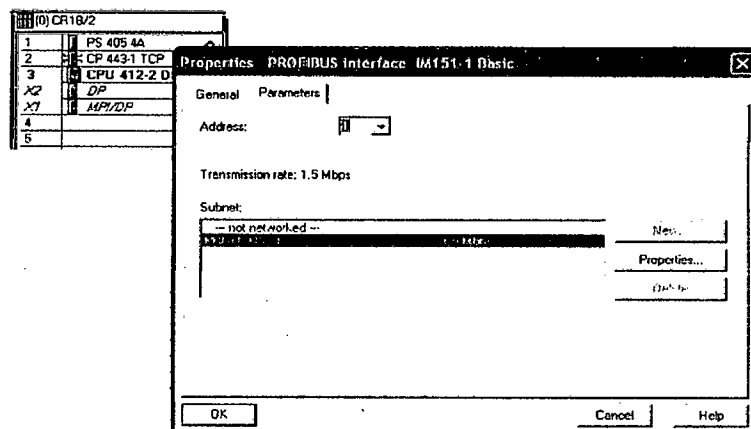


Figura 4.8: Profibus interface IM151-1

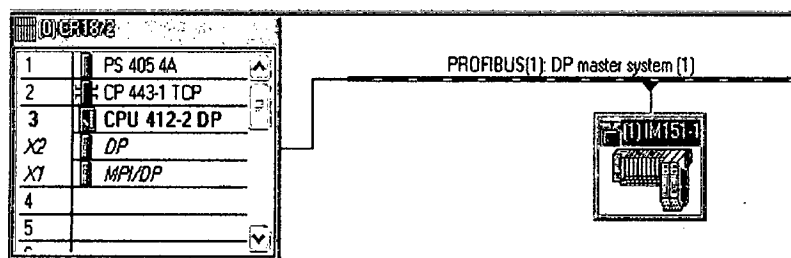


Figura 4.9: Equipo ET200S conectado a la red Profibus.

En la figuras 4.10 y figura 4.11 se visualizan las direcciones de las entradas y salidas Analógicas y digitales de la periferia descentralizada IM151-1 y la salida analógica de la bomba profibus.

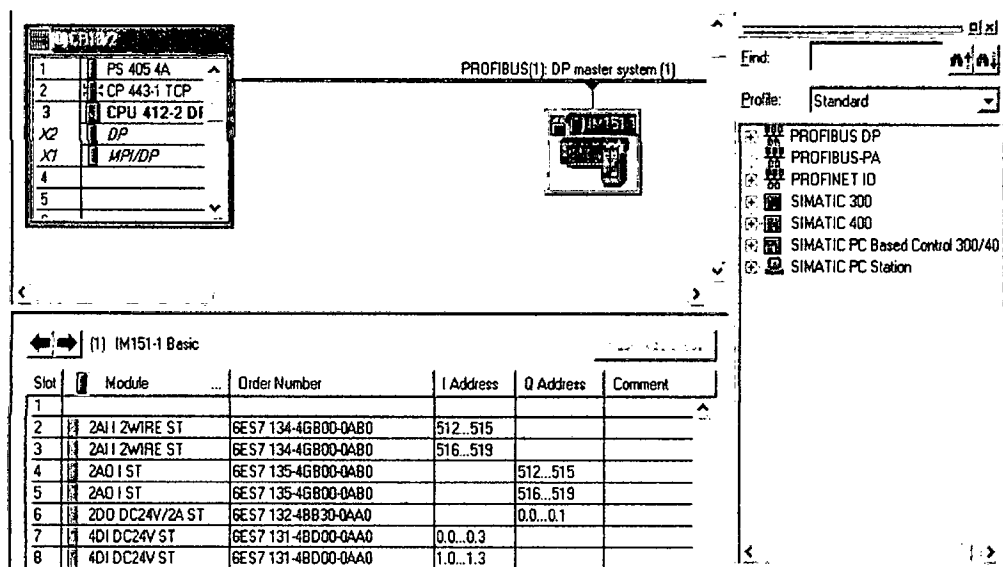


Figura 4.10: Entradas y salidas analógicas y salidas del IM151-1

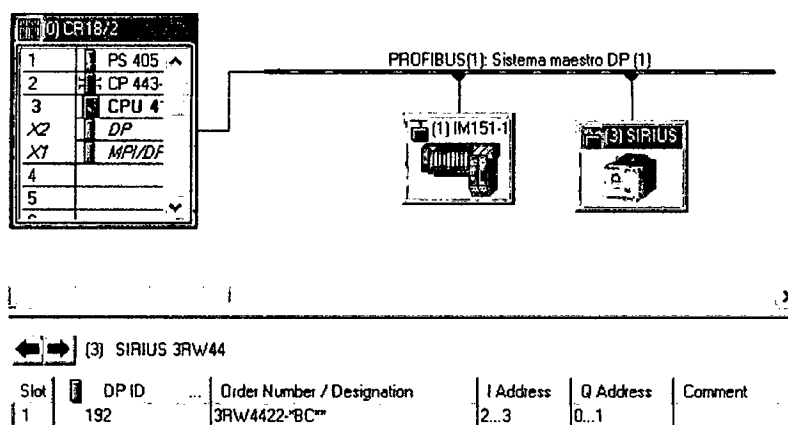


Figura 4.11: Salidas Analógica (PROFIBUS salida de 4...20mAcc)

Características de E/S del esclavo IM151-1 y bomba Profibus (Salida analógica)

Entrada Analógica(4)	512...515/516...519
Salida Analógica(4)	512...515/516...519
Entrada Digitales(8)	0.0....0.3/1.0....1.3
SalidaDigitales(2)	0.0....0.1
Salida Analógica	0....1

Tabla 4.1 Entradas y salidas Analógicas y digitales del esclavo IM151-1 y bomba.

CAPITULO V: SISTEMA SCADA DE LA PLANTA DE JUNDUL-HUANCABAMBA

En el presente capítulo, se realiza la descripción y diseño de la interface HMI para lo cual se considera lo visto en el capítulo anterior respecto a la configuración de los dispositivos interconectados en la red PROFIBUS y el controlador conectado a la red PROFINET. A continuación en el diagrama de la figura 5.1 que se muestra se considera los elementos hardware principal que forman parte de este estudio.

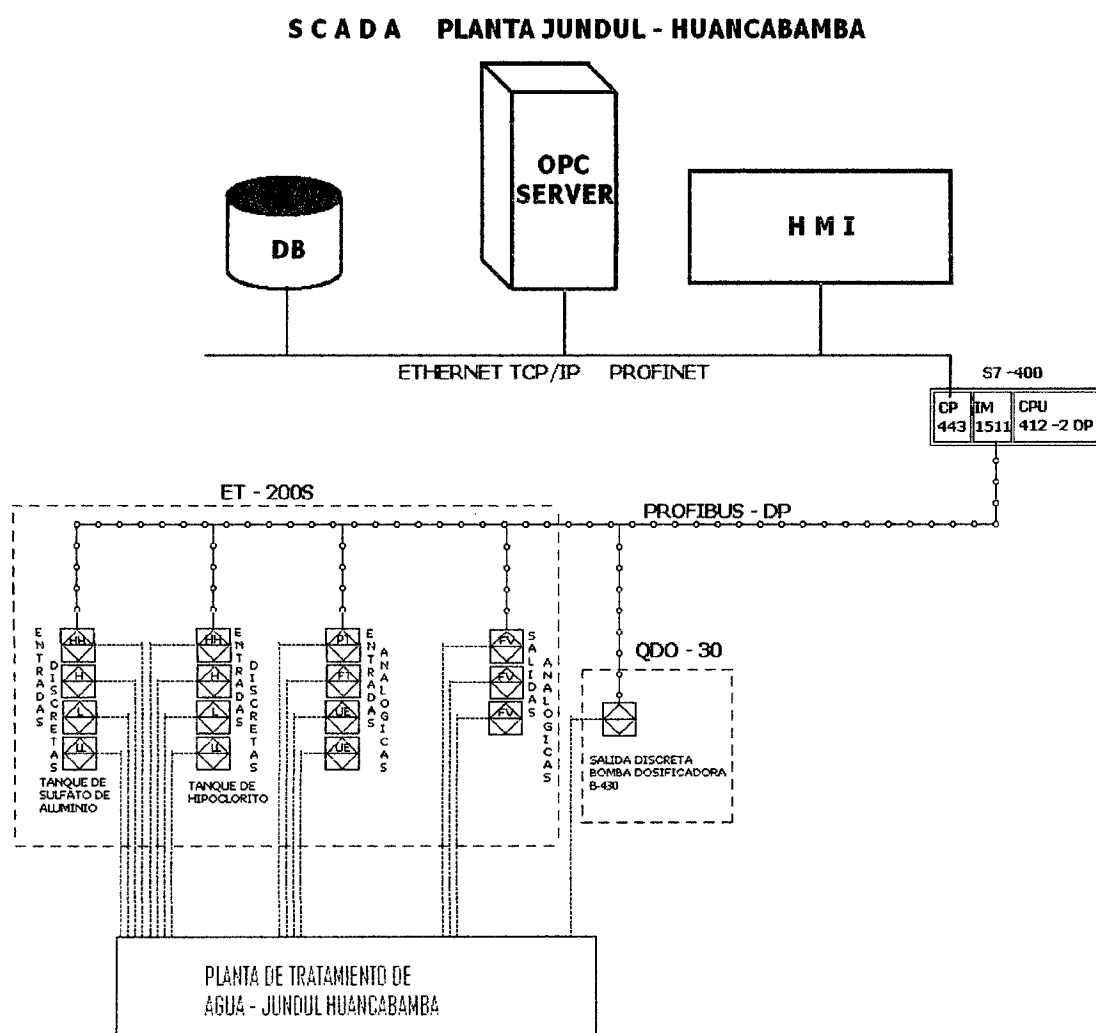


Figura 5.1. Sistema Scada Planta Jundul-Huancabamba.

En el diagrama de la figura 5.1 se muestra las entradas y salidas E/S del controlador ET200S conectados a los transmisores y actuadores de la planta. Las E/S son de tipo analógica y discreta. En las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 se muestran la identificación de cada

uno de los instrumentos con su respectiva dirección asignada a las E/S del controlador ET200S y la bomba Profibus.

Tabla 5.1 Entradas y salidas analógicas del ET200S

Entradas Analógicas	Dirección IW	Salidas Analógicas	Dirección QW
Caudalímetro(FT-222)	512..513	Coagulante(FCV-222)	512..513
Presión(PT-430)	514..515	Cloración(FCV-430)	514..515
Turbidez (UE-222)	516..517		
PH (UE-430)	518..519		

Tabla 5.2 Entradas Discretas del ET200S

Entradas Digitales(coagulante sulfato de aluminio)	Dirección	Entradas digitales(cloración)	dirección
LSHH-220	0.0	LSHH-430	1.0
LSH-220	0.1	LSH-430	1.1
LSL-220	0.2	LSL-430	1.2
LSLL-220	0.3	LSLL-430	1.3

Tabla 5.3 Salida Analógica bomba Profibus

Salida	Dirección
Bomba(B-430)	0..1

Descripción de E/S del sistema de control y supervisión

Entradas analógicas (4...20mA cc)

- Caudal transmisor FT - 222
- Presión transmisor PT - 430
- pH transmisor UE - 222
- Turbidez transmisor UE - 430

Salidas analógicas (4...20mA cc)

- Válvula de coagulante sulfato de aluminio FCV – 222
- Válvula de cloración FCV – 430 (válvula de cloración)

Entradas discretas (0 – 24 VDC)

- Niveles discretos del tanque de coagulante de sulfato de aluminio
 - Muy alto LSHH – 220
 - Alto LSH – 220
 - Bajo LSL – 220
 - Muy bajo LSLL – 220

- Niveles discretos del tanque de cloro
 - o Muy alto LSHH – 430
 - o Alto LSH – 430
 - o Bajo LSL – 430
 - o Muy bajo LSL – 430

Salidas Analógica (PROFIBUS salida de 4...20mA)

- Bomba de inyección de cloro B – 430

A continuación se describe la función de cada uno de los elementos que forman parte del estudio, donde se toma en cuenta los criterios necesarios para la interconexión de estos elementos en el estudio SCADA.

5.1 CONTROLADORES

El controlador maestro y/o controlador esclavo son elementos que en la práctica son API (Autómata Programable Industrial o PLC). Estos dispositivos son los encargados de controlar un proceso determinado en función a la lectura de sus E/S ya sean estas discretas o analógicas. El API tiene por lo tanto los siguientes elementos:

- a) CPU que es la unidad central de procesamiento de información y es la que ejecuta el algoritmo de control que es almacenada en la memoria de programa ROM, y que permite por tanto la actualización de las salidas del controlador en función de sus entradas.
- b) POWER SUPPLY la cual es la fuente de alimentación que necesita el procesador para su operatividad así como para establecer la alimentación de sus módulos de E/S.
- c) MODULO DE COMUNICACIÓN que es el encargado de establecer la comunicación con otros dispositivos en una red de control. En el diagrama se muestra dos redes de comunicación, una para la red de control o PROFIBUS (CPU 412-2 DP) y otra para la red de supervisión o ETHERNET (CPU 431-1 TCP/IP). Es decir, al controlador se le dimensiona dos módulos de comunicación para las redes ya indicadas.

- d) **MODULO DE E/S** los cuales están desarrollados con los acondicionamientos y adquisición de señales proveniente de los procesos, así como las interfaces de señales de salida proveniente del controlador hacia los actuadores que interactúan con los procesos. Estos módulos pueden ser de corriente o voltaje, analógicas o discretas entre otras funciones. Los módulos de E/S pueden acoplarse en el mismo controlador, o de lo contrario formar parte de la periferia descentralizada, tal como se muestra en la figura 5.1

5.2 PERIFERIA DESCENTRALIZADA

Cuando se configura una instalación, generalmente las entradas y salidas del proceso normalmente se suelen integrar en el sistema de automatización de forma centralizada. Si las entradas y salidas se encuentran a una distancia considerable del sistema de automatización, se requerirá un largo tendido de los cables, el cableado será por lo tanto complicado y se puede ver afectado por interferencias electromagnéticas. Para tales instalaciones, la mejor solución es emplear un sistema de periferia descentralizada en la cual la CPU de control se instala de forma centralizada y los sistemas de periferia (entradas y salidas) funcionan a pie de proceso de forma descentralizada. Para ello se cuenta con un potente protocolo industrial denominado PROFIBUS DP, el cual con su alta velocidad de transferencia de datos se encarga de que la comunicación entre la CPU de control y los sistemas de periferia funcione sin problemas.

5.3 PROFIBUS DP

PROFIBUS DP es un sistema de bus abierto según la norma IEC 61784-1:2002. Físicamente el PROFIBUS DP es una red eléctrica basada en un cable bifilar apantallado o una red óptica basada en un cable de fibra óptica (FO). El protocolo de transmisión "DP" permite un intercambio cíclico rápido entre la CPU de control y los sistemas de periferia descentralizada

5.4 MAESTRO DP Y ESCLAVO DP

El maestro DP es el elemento de unión entre la CPU de control y los sistemas de periferia descentralizada. El maestro DP intercambia los datos vía PROFIBUS DP con los sistemas de periferia descentralizada y supervisa el PROFIBUS DP. Los sistemas de periferia descentralizada (esclavos DP) preparan los datos de los sensores y actuadores a pie de proceso para que puedan transmitirse a la CPU de control a través del PROFIBUS DP. Para el desarrollo del proyecto se planteó el uso de un PLC. El diagrama de la figura 5.1 muestra esta configuración.

5.5 ESTACION DE INGENIERIA HMI – SCADA

Se definió HMI como una ventana donde se muestran los paneles de operador de un proceso, tal como se muestra en la figura 5.2. Desde el punto de vista SCADA, este HMI viene a ser el Instrumento Virtual de un proceso, es decir la interface hombre – máquina desarrollada en un software para tal propósito y que representa a la planta en forma virtual donde se puede apreciar el comportamiento de las variables del proceso en tiempo real, así como la emulación de la planta.

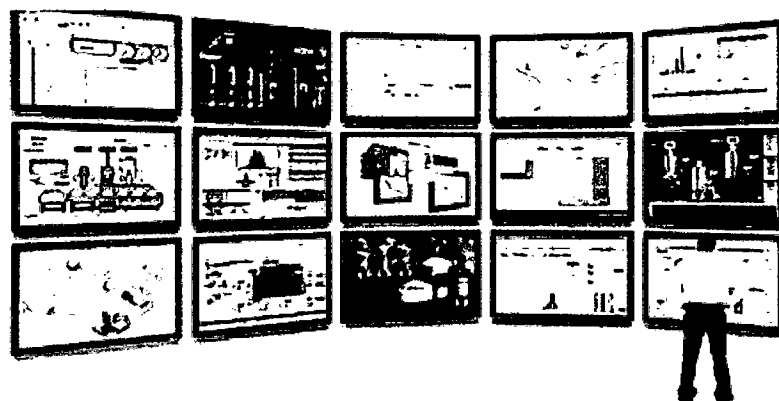


Figura 5.2. Ventanas de un HMI que representa la instrumentación virtual de una planta industrial

Además para este proyecto, en el HMI – SCADA se desarrollan tres prestaciones tales como:

- **Monitorización** que es la representación de los datos en tiempo real a los operadores de la planta. Esto es posible mediante la interconexión del HMI – SCADA con el controlador de la planta, utilizando como interface al OPC server. Además se puede visualizar reporte de histórico de las variables cuya información es obtenida de la base de datos SQL DB.

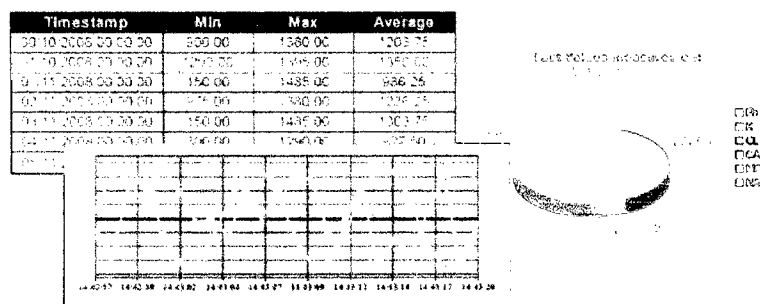


Figura 5.3. Reporte Histórico de Variables en el HMI

- **Supervisión** con lo que se evita con la continua supervisión humana en campo, realizando esta tarea desde el HMI, además que se puede utilizar herramientas de gestión para la toma de decisiones como por ejemplo el mantenimiento predictivo.
- **Mando** con la posibilidad que los operadores puedan cambiar consignas u otros datos claves del proceso directamente desde el ordenador, es decir escribir datos sobre los elementos de control.

5.6 OPC

El estándar de intercambio de datos por excelencia se denomina OPC (OLE for Process Control). Es un estándar abierto que permite un método fiable para acceder a los datos

desde aparatos de campo. El método de acceso siempre es el mismo sin depender del tipo y origen de los datos.

Viene a ser la interface que permite la transferencia de datos entre el HMI – SCADA y el CONTROLADOR del proceso y que además sirve como gestor para almacenar la información en la base de datos SQL DB. Tal como se muestra en la figura 5.3 , el OPC permite desde la identificación de la red de control mediante el elemento OPC denominado Canal (Channel) donde se configura el tipo de red industrial, para el caso del proyecto SIEMENS TCP/IP que permite la comunicación entre el controlador maestro de campo y el OPC SERVER; además se cuenta con el elemento OPC Dispositivo (Device) para la identificación del controlador en campo (Simatic S7-400) y por último la identificación de la cada una de las E/S del proceso mediante el elemento OPC Etiqueta (Tag) .

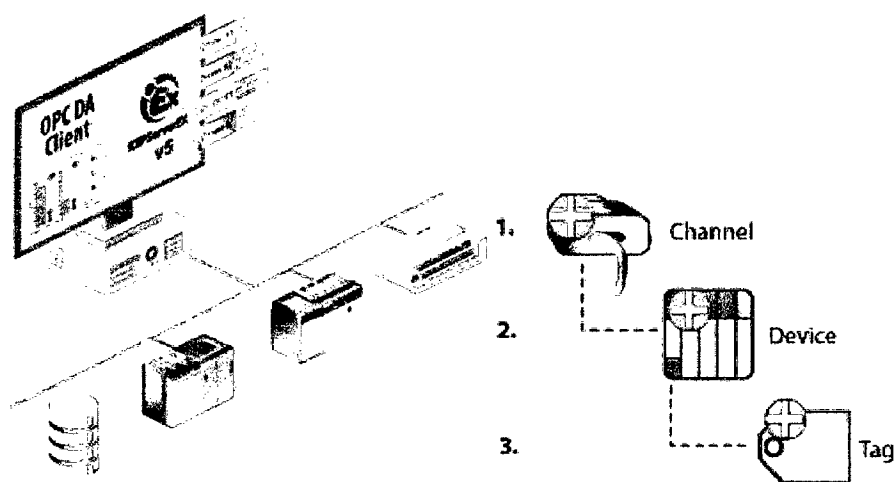


Figura. 5.4 OPC SERVER

Para el desarrollo del proyecto, se consideró los conceptos en la estructuración de una comunicación mediante OPC el cual cuenta con dos componentes:

5.6.1 Cliente OPC (OPC Client).

Es la aplicación que solo utiliza los datos provenientes del OPC Server, en el proyecto se utilizó el software Intouch para el desarrollo de la aplicación.

5.6.2 Servidor OPC (OPC Server)

Es una aplicación que realiza la recopilación de datos de los diferentes elementos de campo de un sistema automatizado y permite el acceso libre de estos datos a las aplicaciones que lo soliciten. Para este proyecto se hizo uso de la aplicación KepSERVER OPC.

5.7 CONFIGURACION OPC SERVER

Como ya se describió en el ítem 5.7 la función que cumple el OPC, se procedió a realizar la configuración del OPC Server para la identificación del tipo de red, en este caso canal Siemens TCP/IP que se usa como sistema de transmisión del protocolo propietario PROFINET la identificación del dispositivo o controlador Siemens S7 – 400. Para ello se realizó los siguientes pasos:

- Selección de Canal

Se ejecuta el KEPServerEX

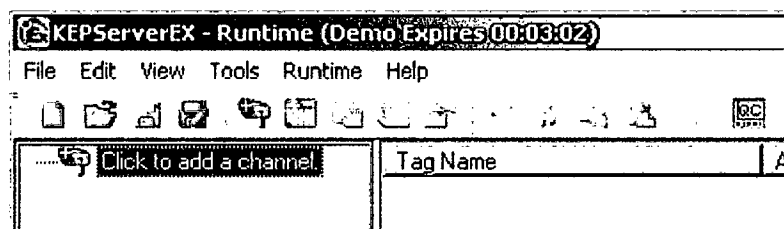


Figura 5.5: Programa Kepserver

Creamos un nuevo proyecto, y asignamos un nombre de canal Scada_J, luego pulsamos la opción siguiente.

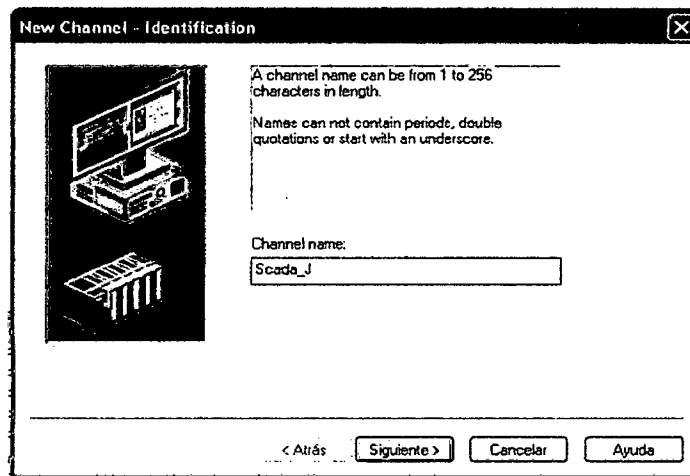


Figura 5.6: Creación de nuevo proyecto

En la ventana siguiente seleccionamos el driver de comunicación o sistema de transmisión para la comunicación con el dispositivo controlador, elegimos Device driver: **Siemens TCP/IP Ethernet** y damos siguiente

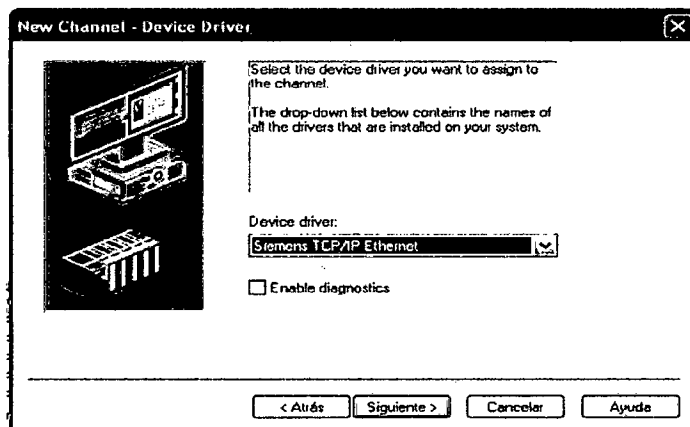


Figura 5.7. Selección de siemens TCP/IP Ethernet

En la siguiente ventana se elige el adaptador de red. Para el caso del proyecto en la demostración se eligió la dirección IP de la PC 192.168.0.15

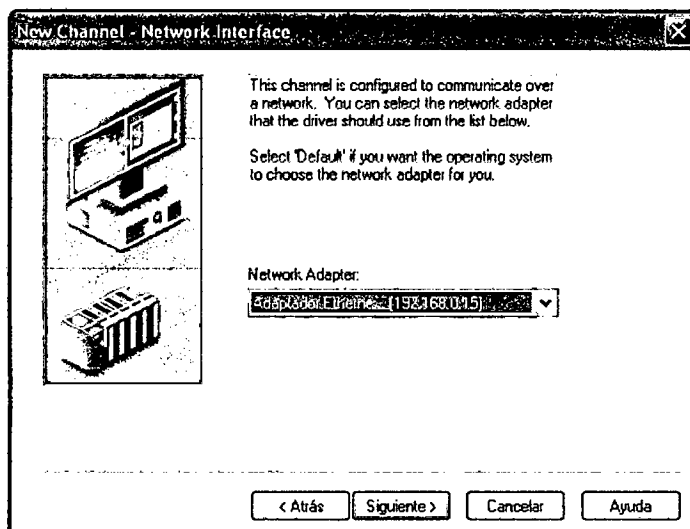


Figura 5.8: Selección de IP de la pc

Damos siguiente a la ventanas que saldrán después

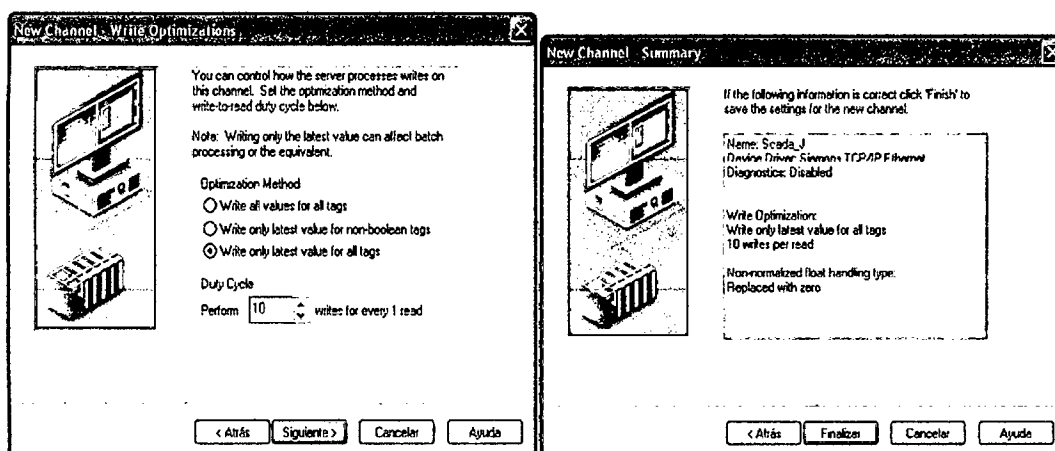


Figura 5.9: Información del canal creado

En la ventana del kepsserver aparece el nuevo canal creado (Scada_J)

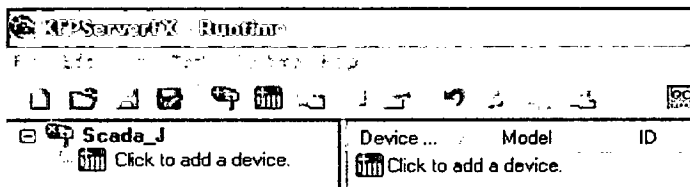


Figura 5.10: Canal creado

Ahora agregamos un dispositivo, seleccionamos “Click to add a device”

En la siguiente ventana definimos nombre del dispositivo: Device name, lo cual lo llamaremos S7_400 y damos siguiente.

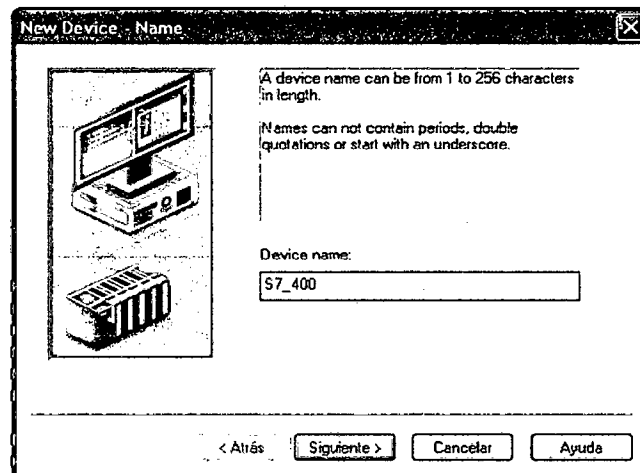


Figura 5.11: Nombre del dispositivo

Luego elegimos el modelo del PLC que se utiliza en el proyecto que se desea conectar, S7-400. Y damos siguiente.

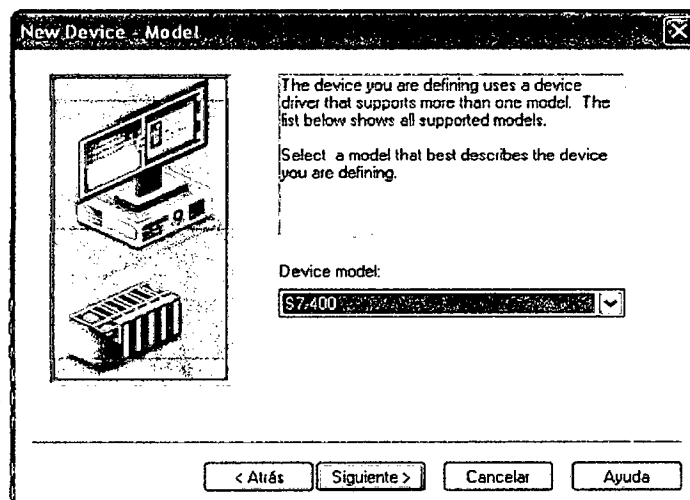


Figura 5.12: Elegimos modelo S7-400

En la siguiente ventana colocamos la dirección IP asignada al controlador en la red, si no se hace esto, el OPC no se podrá conectar al controlador.

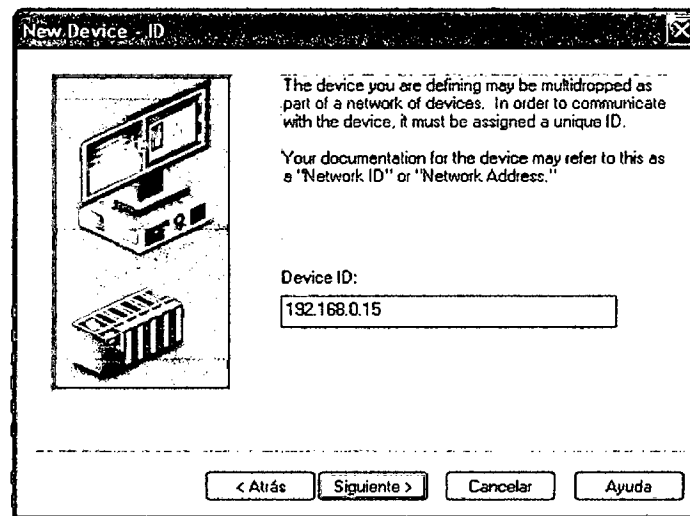


Figura 5.13: Ingreso de IP del controlador (192.168.0.15)

Las siguientes ventanas las dejamos por defecto y damos click en siguiente.

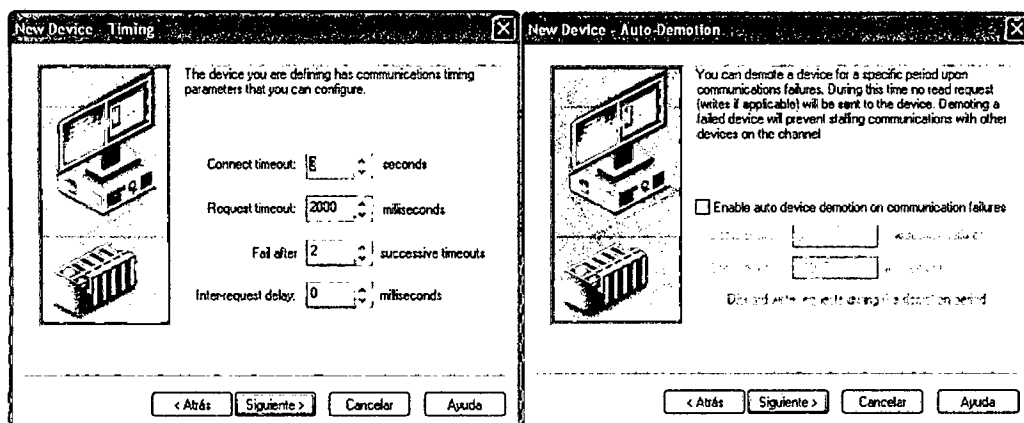


Figura 5.14: Parámetros que nos indica el bus TCP/IP

En esta ventana colocamos en el Port Number: 102 ya que es el puerto por donde se comunica el NettoPlcsim y damos click siguiente.

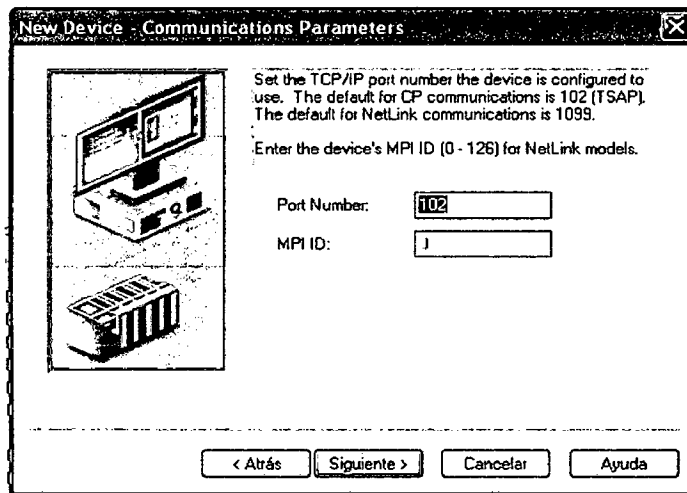


Figura 5.15: Puerto TCP/IP 102

Las siguientes ventanas las dejamos por defecto y damos click en siguiente.

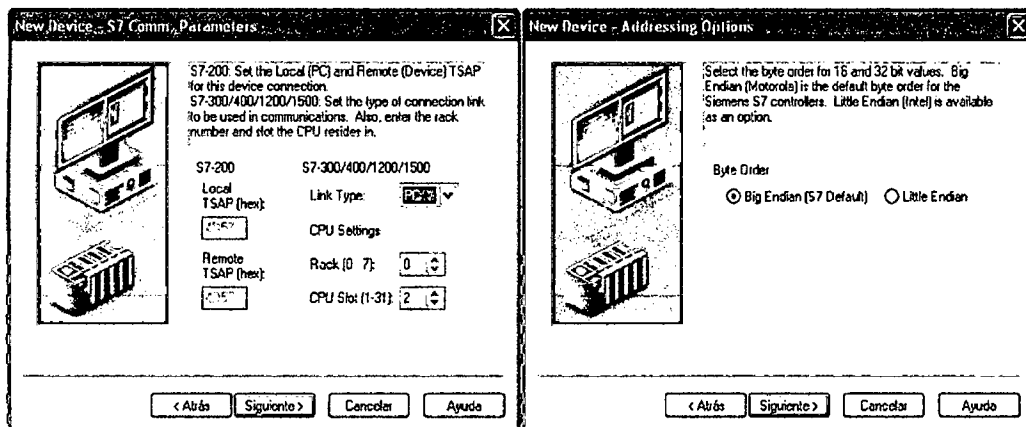


Figura 5.16: Visualización de conexión del S7-400 con la PC

En esta ventana vemos información del dispositivo creado

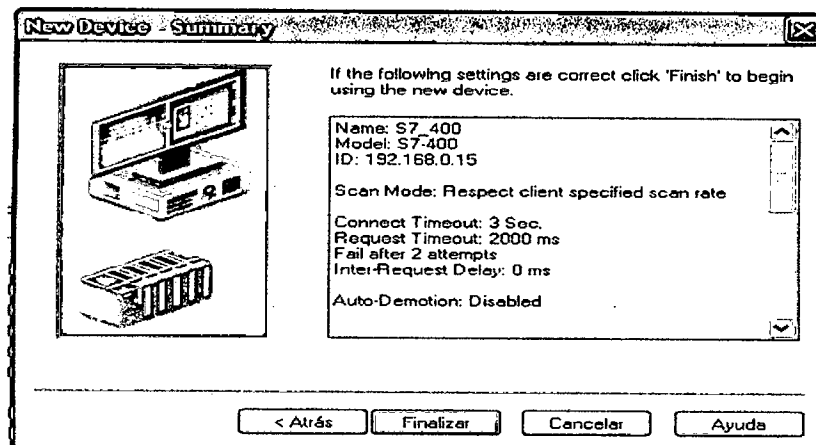


Figura 5.17: Información del componente creado

En la ventana del kepsserver aparece el nuevo canal creado (Scada_J) y el nuevo dispositivo (S7_400).

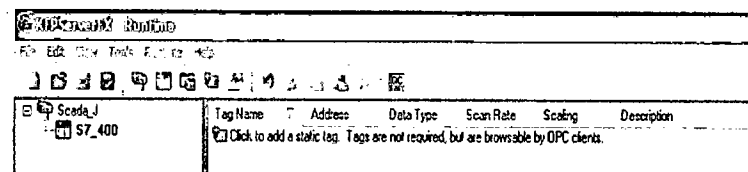


Figura 5.18: Nuevo canal y dispositivo creado

Empezaremos a agregar las variables que tenemos que comunicar con el Intouch, seleccionamos “Click to add a static tag”.

Ingresando variable para establecer comunicación con el Intouch, con nombre “LSHH_CLOR” cuya entrada es E1.0.

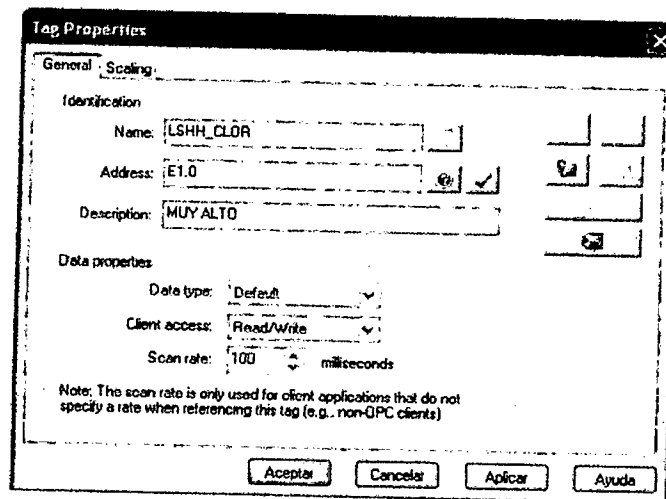


Figura 5.19: Variable de entrada LSHH_CLOR

Ingresando variable para establecer comunicación con el Intouch, con nombre "LSLL_CLOR" cuya entrada es E1.3.

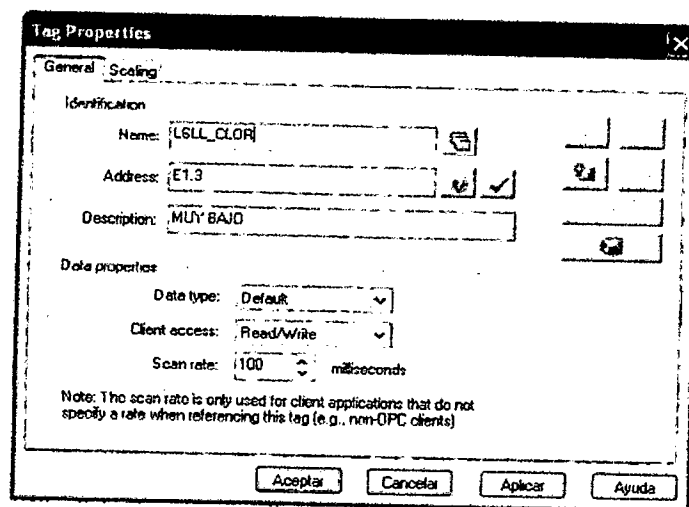


Figura 5.20: Variable de entrada LSLL_CLOR

ingresando variable para establecer comunicación con el Intouch, con nombre LSHH_SULF "cuya entrada es E0.0.

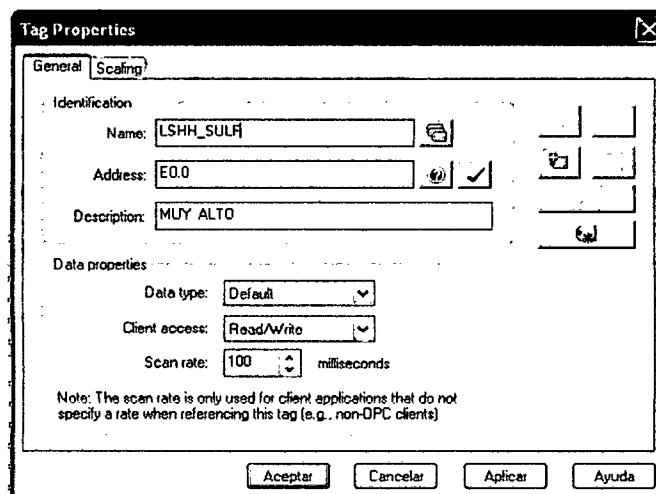


Figura 5.21: Variable de entrada LSHH_SULF

Ingresando variable para establecer comunicación con el Intouch, con nombre “LSLL_SULF” cuya entrada es E0.3.

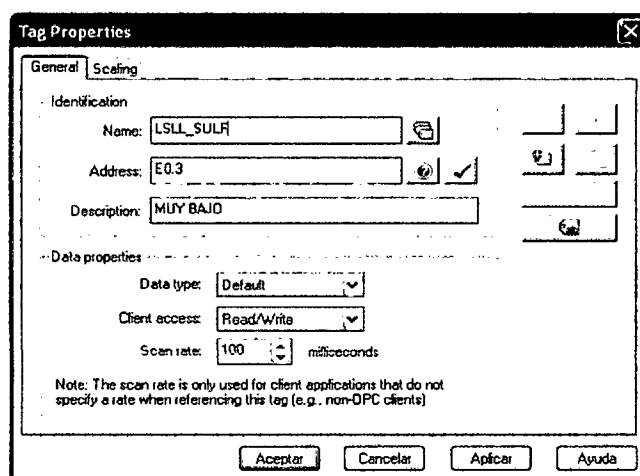


Figura 5.22: Variable de entrada LSLL_SULF

En forma general se adicionan los Tags en la figura 5:23 para la lectura y escritura del controlador.

KepServerEX - Runtime						
File Edit View Tools Runtime Help						
Scada_J S7_400	Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
	UE-432	PIW518	Word	100	None	pH
	UE-222	PIW516	Word	100	None	Turbidez
	PT-432	PIW514	Word	100	None	Presion
	LSLL_SULF	E0.3	Boolean	100	None	MUY BAJO
	LSLL_CLOR	E1.3	Boolean	100	None	MUY BAJO
	LSL_SULF	E0.2	Boolean	100	None	BAJO
	LSL_CLOR	E1.2	Boolean	100	None	BAJO
	LSHH_SULF	E0.0	Boolean	100	None	MUY ALTO
	LSHH_CLOR	E1.0	Boolean	100	None	MUY ALTO
	LSH_SUF	E0.1	Boolean	100	None	ALTO
	LSH_CLOR	E1.1	Boolean	100	None	ALTO
	FT-222	PIW512	Word	100	None	Caudalimetro
	FCV-432	PIW515	Word	100	None	Valvula de control de flujo (claracion)
	FCV-222	PIW513	Word	100	None	Valvula de control de flujo (coagulante)
	B-432	PIW0	Word	100	None	Bomba dosificadora profibus

Figura 5.23. Tags Creados

Una vez definido los Tags (en el OPC Server KepServerEX) asociados a las E/S del PLC S7-400 y que se denominó Channel Scada_J Device S7_400 tal como se aprecia en la figura 5.24, se asignó un nombre de enlace hacia el OPC Cliente o aplicación que se desarrolló en el Intouch, denominado con un Alias Map como SCADA_JH.

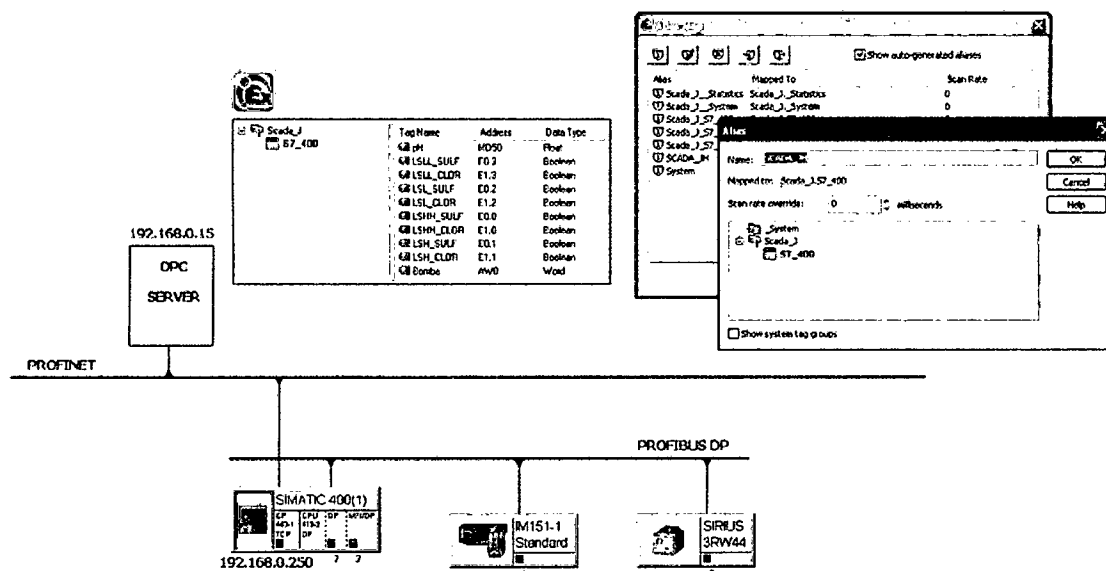


Figura 5.24 OPC Server con Alias Map.

5.8 ENLACE OPC SERVER – OPC CLIENT

El enlace entre el OPC Server y el OPC Client se realiza con el nombre asignado en el Alias Map del KepServerEX y el Access Name definido en el Intouch tal como se muestra en la figura 5.25. El Access Name del Intouch lo denominamos OPC_JH y el enlace hacia la aplicación KepServerEx es mediante el nombre ejecutable de este (Server_runtime).

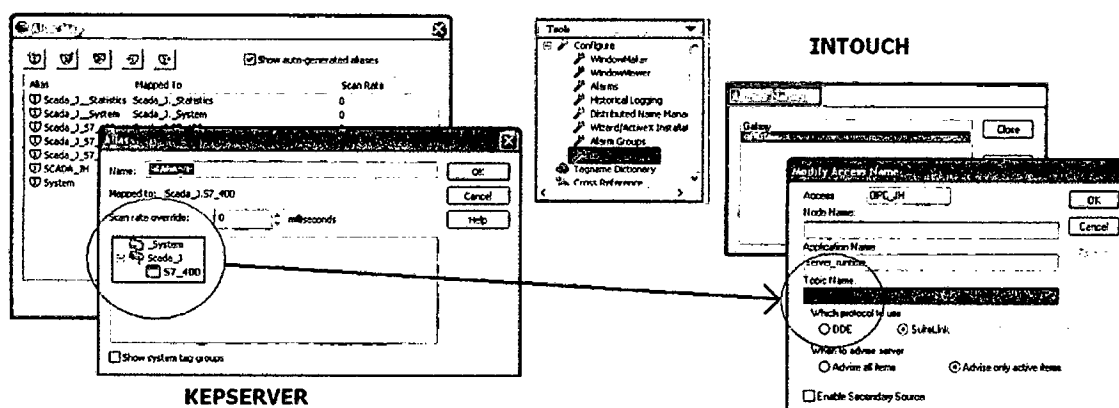


Figura 5.25 Interface Comunicación de Kepservercon Intouch .

En la ventana principal se visualiza las etapas del proceso y enlaces.

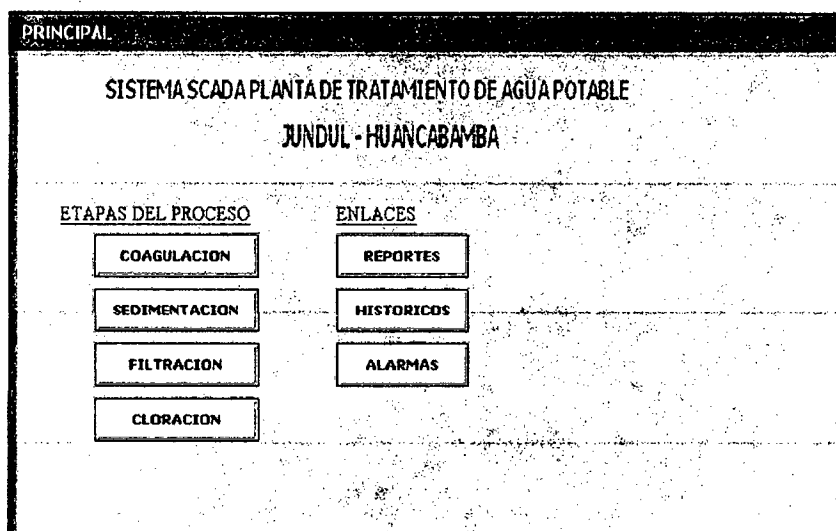


Figura 5.26: Etapas del Proceso y Enlaces

En la etapa coagulación área 220 se encontrara el coagulante sulfato de aluminio, niveles del tanque que son entradas digitales LSHH,LSL,LSH,LSHH; que son enviadas al PLC y la válvula de control de flujo (FCV-222).

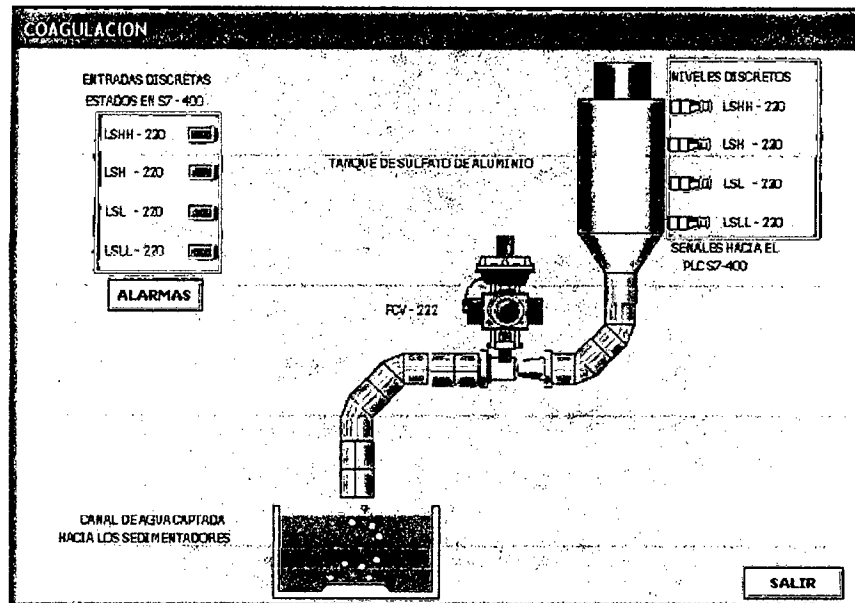


Figura 5.27: Sistema de Coagulación

En la etapa de sedimentación se visualizara el valor de la turbidez obtenida por el sensor (UE-220), dicha información será enviada al PLC y a la válvula (FCV-222).

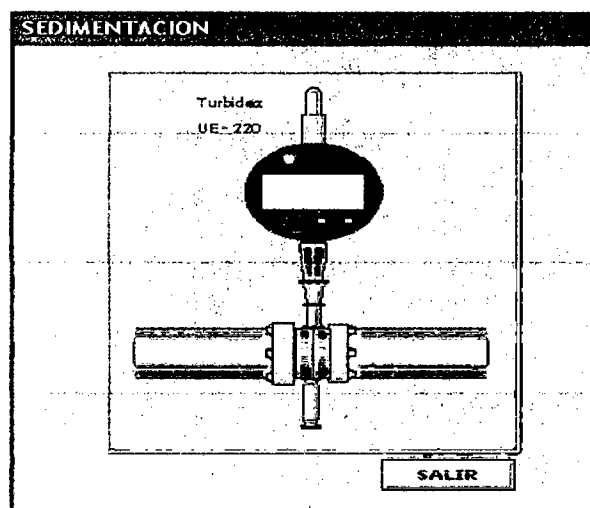


Figura 5.28: Sistema de Sedimentación.

En la etapa de Filtración estará el sensor de transmisión de Presión (PT-430) enviara información a la válvula (FCV-222) y el controlador.

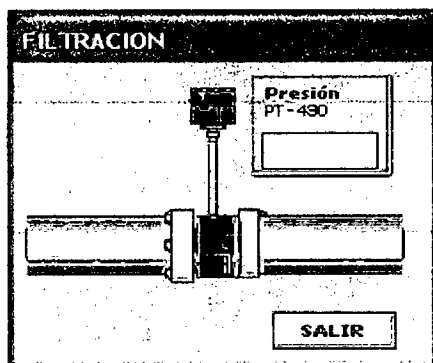


Figura 5.29: Filtración.

En la etapa de Cloración área 430 se encontrara el sensor de PH(UE-430),caudalímetro (FT-430), bomba B-430 , tanque de cloro, niveles del tanque que son entradas digitales LSHH,LSL,LSH,LSHH; que son enviadas al PLC, válvula de control de flujo (FCV-430).

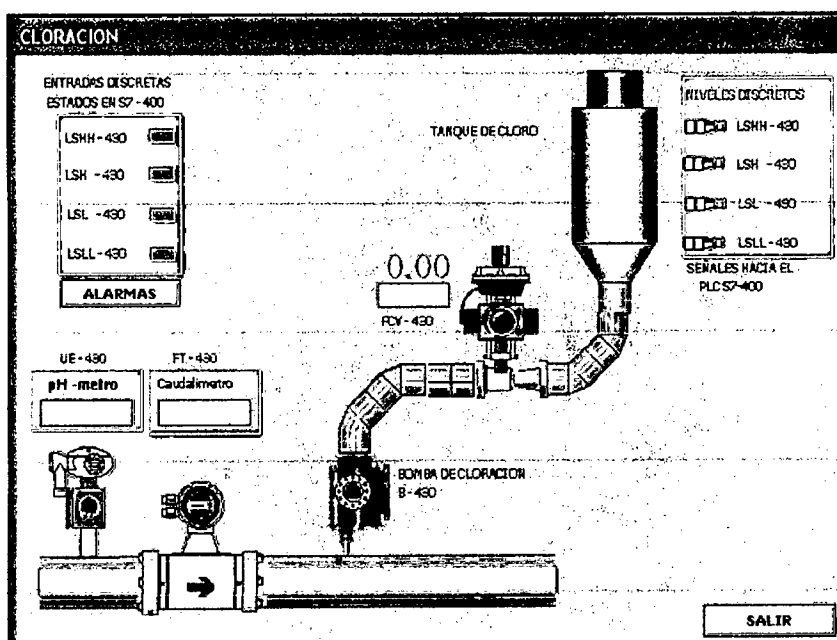


Figura5.30: Sistema de Cloración.

CAPITULO VI: COSTE DEL PROYECTO

6.1 VIABILIDAD ECONÓMICA

Para realizar el proyecto se requiere afrontar económicamente tres requisitos básicos para desarrollo y normal funcionamiento de la aplicación de estudio del proyecto.

6.1.1. Costos de realizar el proyecto

6.1.1.1. Requerimientos de Hardware

Los requerimientos necesarios para el sistema Scada de la planta de potabilización de agua Jundul-Huancabamba son:

REQUERIMIENTO	COSTO U.S. \$ (Dolares Americanos)
PLC S7-400	1500
Sensor de caudal	650
Sensor de turbidez	538
Sensor de presión	499
Sensor de PH	599
Sensor de nivel	45
Válvula proporcional	93
Bomba dosificadora	1500
Conectores Rj45	52
2 Switch Ethernet	1000
Total	6476

Tabla 6.1: Costos de Hardware

6.1.1.2. Requerimientos de Software

Los requerimientos de software necesarios para el desarrollo del sistema son.

REQUERIMIENTO	COSTO U.S. \$ (Dolares Americanos).
Intouch (Licencia 128 Tags)	1997
Windows server	1105
SQL	316
HD 500GB	411
Chasis Tower HP	1262
Total	5091

Tabla 6.2: Costo de Software

6.1.1.3. Requerimientos de Personal

Además de los costos por conceptos de Hardware y Software se requiere asumir costos de los encargados de desarrollar el sistema Scada, los cuales son.

REQUERIMIENTO	COSTO U.S. \$ (Dolares Americanos).
Instalación y Configuración del Sistema Scada	18000

Tabla 6.3: Costo de Personal

6.1.1.4. Resumen de los Costos

En conclusión se resumen los costos en la siguiente tabla:

COSTO	COSTO U.S. \$ (Dolares Americanos).
Costo de Hardware	6476
Costo de software	5091
Costo de personal	18000
Total	29567

Tabla 6.4: Resumen de Costos

6.1.1.5. Costos Fijos

Asimismo para que el sistema se mantenga en funcionamiento se requieren de costos fijos, estos son:

CONCEPTO	PERIODICIDAD	COSTO U.S. \$ (Dolares Americanos)
Personal de mantenimiento	Mensual	789
Línea de Internet (Promedio)	Mensual	86
Cloro	Anual	890
Total		1765

Tabla 6.5: Costos Fijos.

CONCLUSIONES.

- Estudio de Automatización para la Aplicación de un Sistema de Control de cloración de agua en la Planta Jundul- Huancabamba. Se logró realizar el estudio de automatización de la Planta Jundul para el control de producción de agua potable considerando el nivel de cloración de esta según lo establecido en la NORMA OS.020
- Estudio del proceso actual de la potabilización de agua de la planta Jundul y evaluar las deficiencias presentes cada una de sus etapas. Se describió cada una de las etapas actuales con la que se desarrolla el proceso de potabilización de agua, en la etapa de coagulación no hay aditivos para la desestabilización de las partículas, floculación no cuenta con floculadores para aumentar el peso de los flóculos, etapa de sedimentación no cuenta con sensores de turbidez y en la etapa de filtración no cuenta con filtros y la etapa cloración cuenta con un sistema mecánico de 400gr de cloro para un aproximado de 36 litros.
- Estudio Técnico de las necesidades tanto de medición como dispositivos de accionamiento en el tratamiento de agua de la planta Jundul. Sensores de turbidez, presión, PH, caudalímetros, válvulas, PLC, módulo ET200S, cables Profibus, configuración de la red Profibus para el control de los dispositivos mencionados.
- Elaboración del requerimiento de dispositivos de actuación y medición para cada una de las etapas de potabilización en base a las tecnologías de automatización industrial. En la primera etapa de coagulación estará el aditivo de coagulante sulfato de aluminio (Alumbre), sensor de nivel Keller 36XW corriente, válvula proporcional de 4-2mA (FCV-222) de salida de 4-20mA, la medición de caudal (FT-222) a través caudalímetro Ultrasónico Optisonic 6300 salida de corriente de 4-20mA, sensor de turbidez (UE-222) salida de corriente de 4-20mA, la siguiente etapa de floculación

se instalara un floculador Hidráulico, en la etapa de sedimentación sensor de Turbidez (UE-222), en la etapa de filtración (PIT-242) de salida de corriente 4-20mA, en la etapa de cloración estará el sensor de PH(UE-432) rango de medida de 0-14PH, el sensor de transmisor de presión (PIT-432), sensor de nivel (LST-432), válvula proporcional de 4-20mA de corriente de entrada, Bomba dosificadora Qdo 30 Profibus con comunicación Profibus.

- Dimensionamiento de los equipos de automatización para el control del proceso de potabilización de agua. PLC S7-400 es robusto capacidad para la E/S es prácticamente ilimitada , ET200S permite conectar las señales del proceso a un controlador a través de los buses de campo Profibus DP y Profinet IO, bomba Qdo 30 Profibus proporciona caudales que permanecen constantes hasta 7bar(100 Psi), lo que proporciona a los usuarios facilidad adecuada además cuenta con comunicación profibus.

BIBLIOGRAFIA

INFORMACIÓN DIGITAL.

1. Estrada Luna Vicente & Gutiérrez Vásquez Víctor Fernando (2012). Control y Monitoreo de una Potabilizadora de Agua por Medio de una Red Controlnet. (Tesis de Ingeniero). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Recuperado de https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Ftesis.ipn.mx%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F10512%2F1%2F61.pdf&ei=-RYoVdG5D_KxsATPr4CgBg&usg=AFQjCNHLGuQtkENOqf7_vuqpqQ-vVgX5Hg&bvm=bv.90491159,d.cWc
2. Pérez de la Cruz Francisco Javier & Urrea Mallebera Mario Andrés .Abastecimiento de Aguas, Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf.
3. Programa de Capacitación y Certificación del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Operación y Mantenimiento de Plantas de Potabilización de Agua. Recuperado de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/pdf/OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO%20DE%20PLANTAS.pdf
4. Tuyupanta Noroña de Teresa de Jesús (2014).Diseño y Construcción de un módulo portátil de exhibición para supervisión de parámetros de agua residual y agua potable. (Tesis de ingeniero).Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado de https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CEUQFjAF&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F7136%2F1%2FCD-5327.pdf&ei=sAJUVO2EO8OWNsGfg_gB&usg=AFQjCNE6mf3HwOBcUx8Jy7SXG63jUJ4yyg&bvm=bv.78677474,d.eXY.

5. Ing. Jorge Cosco Grimaney (2011). Controles Eléctricos y Automatización Estrategias de Control, Universidad Nacional de Ingeniería .Recuperado de <https://coscomantauni.files.wordpress.com/2014/02/3-estrategias-de-control.pdf>
6. República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de agua potable y Saneamiento Básico (2000). Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000 sección II, Bogotá D.C .Recuperado de http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483

LIBROS.

- Roberto Hernandez samoieri & Mc Graw Hill education (2014). Metodología de la investigación. México D.F: 6ta edición.
- Aquilino Rodríguez Penin (2013). Sistemas SCADA México D.F: Marcombo ediciones técnicas 3ra edición.
- Aquilino Rodríguez Penin (2008). Comunicaciones Industriales.Barcelona España:Marcombo edición técnica 1ra edición.
- V. Guerrero, R. Yuste & L. Martínez (2010). Comunicaciones Industriales México: Marcombo 1ra edición.